



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



0000440310

410 e. 18.



E. BIBL. RADCL.

1982 e. 2/3



6000446310

410 e 18



E. BIBL. RADCI.

1982 e 2/3

Johann Samuel Traugott Gehler's
Physikalisches
Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Braudes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

Zweiter Band
C und D.

Mit Kupfertafeln I bis XX.

L e i p z i g,
bei E. B. Schwickert.
1826.

12-000000

F o r t s e t z u n g
d e s
ubscribenten-Verzeichnisses.

	Exempl.
Kaiserl. Hoheit der Herr Erzherzog Carl von Oestreich	Schreibp. 1
I. V. Albert, Kunsthändler und Mitglied des Physikalischen Vereins in Frankfurt a/m.	1
Joseph Ritter von Arbter, k. k. Justiz-Hofrath in Wien	1
Arnoldische Buchhandl. in Dresden	6
Barth, Buchhändler in Leipzig	4
Beckersche Buchhandlung in Gotha	1
Bischof, Studiosus in Leipzig	1
Gebr. Bornträger, Buchhändler in Königsberg.	4
	Schreibp. 1
Borrosch, Buchhändler in Prag	2
Breitkopf & Härtel in Leipzig	1
Brendel, Studiosus in Leipzig	1
Brummer, Buchhändler in Kopenhagen	1
Calvesche Buchhandlung in Prag	3
F. Chlebeczek, Prof. der Mathem. in Przemysl	1
Cnobloch, Buchhändler in Leipzig	2
v. Coels, Landrath und Polizeydirector in Aachen	1
öchlöbl. k. k. Commerciën-Hofstelle in Wien	1
Antor der Handlungszeitung in Nürnberg	1
Craz & Gerlach, Buchhändler in Freyberg	1
Cöckersche Buchhandlung in Jena	3
Deutrich, Salzverwalter in Deutiz	1
Deckerische Buchhandl. in Göttingen	1
Drechsler, Buchhändler in Heilbronn	1

IV Subscribenten-Verzeichniss.

	Exempl.
Herr Dresch, Buchhändler in Bamberg	1
- Ferdin. Dümmler, Buchhändler in Berlin . .	7
- Duncker & Humblot, Buchhändler in Berlin .	5
Die Dyckische Buchhandl. in Leipzig. . . .	1
Herr Eichenberg, Buchhändler in Frankfurt a/m. .	1
- Enslin, Buchhändler in Berlin	1
- Finsterlin, Buchhändler in München . . .	1
- J. W. Fischer, Doctor d. Rechte und n. ö. Landesjustiziar zu Korneuburg	1
- Ernst Fleischer, Buchhändler in Leipzig . .	1
- Friedrich Fleischer, Buchhändler in Leipzig .	Schreibp. 1
- Franckh, Buchhändler in Stuttgart	3
- Hofrath Dr. Fries in Jena	1
- Garthe, Buchhändler in Marburg	1
- Gastl, Buchhändler in Brünn	1
- Gerold, Buchhändler in Wien	12
	Schreibp. 1
- Goschorsky, Buchhändler in Breslau	1
- Grau, Buchhändler in Baireuth	1
- Hahnsche Hofbuchhandlung in Hannover . .	1
- Hartmann, Buchhändler in Leipzig	2
- Heinrichshofen, Buchhändler in Magdeburg .	2
Die Heinsiussche Buchhandl. in Gera	1
Die Helwingsche Hofbuchhandl. in Hannover .	1
Herr Hemmerde & Schwetschke, Buchhändler in Halle	4
- Herbig, Buchhändler in Berlin	2
	Schreibp. 1
Die Hermannsche Buchhandl. in Frankfurt a/m. .	1
Herr Herr, Elementarlehrer in Wetzlar	1
- Heubner, Buchhändler in Wien	3
	Schreibp. 1
- Heyder, Buchhändler in Erlangen	1
- Heyse, Buchhändler in Bremen	1
Die Hinrichsche Buchhandl. in Leipzig . . .	Schreibp. 1
Die hochlöbl. k. k. Hof-Bibliothek in Wien .	Schreibp. 1
Herr Hoffmann & Campe in Hamburg	Schreibp. 1

Subscribenten - Verzeichniss

v

	Exempl.
Herr Huber & Comp. Buchhändler in St. Gallen	1
- Klauzal, Sekretär in Wien	1
- Köbicke, Buchhändler in Berlin	1
- Kraufs, Buchhändler in Prag	2
- J. A. Kreibich, Privatsekretär in Wien	1
- Krieger & Comp. Buchhändler in Marburg	4
	Schreibp. 2
- Dr. Kühn, Professor in Leipzig	1
- Kümmel, Buchhändler in Halle	1
- Kuhn & Millikowski, Buchhändler in Lem-	
berg	1
- Kupferberg, Buchhändler in Mainz	1
- Lachmann, Buchhändler in Hirschberg	1
- Lambert, Oberlehrer in Wetzlar	1
- Laupp, Buchhändler in Tübingen	2
	Schreibp. 1
Die Lindauersche Buchhandl. in München	1
Herr Max & Comp. Buchhändler in Breslau	6
	Schreibp. 1
- Mayer, Buchhändler in Aachen	Schreibp. 1
- Mayersche Buchhandl. in Salzburg	2
- Dr. Mensing in Erfurt	2
Die Metzlersche Buchhandlung in Stuttgart	7
Die löbl. k. k. Militär-Akademie in Wiener Neustadt	1
Herr Mittler, Buchhändler in Berlin	1
- Mittler, Buchhändler in Leipzig	1
- Mörschner & Jasper, Buchhändler in Wien	4
- J. Müller, Buchhändler in Leipzig	1
- Müller & Comp. Buchhändler in Amsterdam	1
- Nestler, Buchhändler in Hamburg	1
Die Nicolaische Buchhandl. in Berlin	3
M ^r . N. A. Nilsen in London	1
Herr Dr. Nürnberger in Sorau	Schreibp. 1
- Osiander, Buchhändler in Tübingen	2
- Staatsrath v. Parrow in St. Petersburg noch	1
Das löbl. k. Pasmeneum in Wien	1
Sr. Hochwohlgeb. Herr Baron Pereira in Wien	Schreibp. 1
Herr Perthes & Besser, Buchhändl. in Hamburg	3

	Exempl.
Herr Pilat, Hofsekretär in Wien	1
Das löbl. k. k. polytechnische Institut in Wien	1
Sr. Hochgeb. d. Herr Graf Rasoumovsky in Wien	1
Herr Reimer, Buchhändler in Berlin	1
Die Reinsche Buchhandlung in Leipzig	2
Herr v. Rohden, Buchhändler in Lübeck	2
- Ruff, Buchhändler in Halle	3
Se. Hochgeb. d. Herr Graf Salm in Wien	1
Herr Schaub, Buchhändler in Elberfeld	1
- Schmid, Buchhändler in Jena	3
Die Schöniansche Buchhandlung in Elberfeld	1
Herr Schrag, Buchhändler in Nürnberg	Schreibp. 1
Frau Wittwe Schuchart in Halle	1
Die Schulbuchhandlung in Braunschweig	2
Herr Schulze, Buchhändler in Bauzen	2
- Schulze, Buchhändler in Oldenburg	3
- Ernst Sedlaczeks in Wien	1
- And. Spunar, Prof. d. Physik in Przemysl	1
- Stein, Buchhändler in Nürnberg	1
- Streng, Buchhändler in Frankfurt a/m	2
Die Universität-Buchhandlung in Kiel	1
Herr Unzer, Buchhändler in Königsberg	2
Die Veith & Riegersche Buchhandlung in Augsburg	1
Herr Friedrich Voigtländer, Mechanikus und Optikus in Wien	1
- Wallis, Buchhändler in Constanz	1
- Wallishäuser, Buchhändler in Wien	2
- Weber, Buchhändler in Bonn	7
- Wesener, Buchhändler in Paderborn	2
- Welzt, Hofrath in Wien	1

Physikalisches Wörterbuch

II. Band.

C und D.

C.

Caementiren.

Caementatio; *Cémentation*; *Cementation*. Eine chemische Operation, welche den Zweck hat, einen festen Körper, besonders ein Metall, durch Glühen mit einem andern festen Körper, wobei beide nicht in den tropfbar flüssigen Zustand übergehen, chemisch zu verändern. Der letztere Körper, welcher den ersteren in Pulvergestalt umgiebt und mit demselben geschichtet ist, heißt *Cäment* oder *Cämentpulver*. Beispiele sind das Ueberführen des Eisens durch Glühen mit Kohlenpulver in Stahl; das Umwandeln des Kupfers in Messing durch ein Gemenge aus Zinkoxyd und Kohlenstaub, und das oberflächliche Reinigen des Kupfer- und Silberhaltigen Goldes durch Glühen mit einem Gemenge von gebranntem Eisenvitriol, Kochsalz und Ziegelmehl. Bei den beiden ersten Beispielen ist merkwürdig, daß das durch die Hitze erweichte Eisen und Kupfer allmählig bis in ihr Innerstes vom Kohlenstoff und Zink durchdrungen werden, ohne ihre Form zu ändern. G.

Calcium.

Calcium; *Calcium*; *Calcium*. Ein Metall, welches von H. DAVY auf dieselbe Art wie das Baryum und ebenfalls nur in sehr kleiner Menge dargestellt worden ist. Es ist glänzender und weißer als Baryum, und bei der gewöhnlichen Temperatur fest. Seine wichtigern Verbindungen sind folgende.

Kalk, *Kalkerde* (20,5 Calcium auf 8 Sauerstoff). Das Calcium oxydirt sich schnell an der Luft, bei gewöhnlicher Temperatur ohne, bei höherer mit Feuerentwicklung; es zersetzt das Wasser unter Wasserstoffgasentwicklung, und ver-

wandelt sich hierbei immer in Kalk. Man erhält den reinen Kalk, als gebrannten Kalk, durch Glühen des natürlichen kohlensauren Kalkes. Der reine Kalk ist weiß, erdig, wird schwach alkalisch und schmilzt nur in der durch das Knallgasgebläse oder Elektricität hervorgebrachten Hitze. Er verbindet sich mit Wasser unter lebhafter Wärmeentwicklung, bis zum Entzünden von Schießpulver und Holz steigen kann zu *Kalkhydrat*, einem weißen Pulver, welches in schwacher Glühhitze sein Wasser verliert und sich in ungefähr 6 kaltem und 1200 kochendem Wasser zu *Kalkwasser* auflöst. Die aus der Verbindung des Kalkes mit Säuren entspringenden *Kalksalze* sind den Baryt- und Strontiansalzen ähnlich, doch specifisch leichter. Die auflöslichen werden auch in großer Verdünnung (wenn keine überschüssige Säure vorhanden ist) durch Kleesäure und durch klee-saures Kali, ferner, jedoch nur im concentrirten Zustande, durch Schwefelsäure, nicht durch Ammoniak gefällt. Die wichtigsten sind: *Kohlensaurer Kalk* in der Natur sehr häufig als Kalkspath, Marmor, Kalkstein, Kreide, u. s. w. nicht in reinem, aber ein wenig in Kohlensäure haltendem Wasser löslich. *Phosphorsaurer Kalk* seltener im Mineralreiche als Apatit, häufiger in den Pflanzen und Thieren und daher in den meisten Pflanzenaschen in geringer, in den meisten Thieraschen (besonders in den verbrannten Knochen) in größerer Menge vorkommend, nicht im Wasser löslich. *Schwefelsaurer Kalk* im trockenen wasserhaltigen Zustande als Anhydrit und Gyps bekannt, in 460 Theilen Wasser löslich. *Salzsaurer* und *salpetersaurer Kalk*, zu Säulen krystallisirende, äußerst zerfließliche Salze. Die Verbindungen des Kalkes mit Arseniksäure, Scheelsäure und Kiesel-erde kommen im Mineralreiche vor, die mit Kleesäure, Weinsäure und vielen andern Pflanzensäuren im Pflanzen- und zum Theil auch im Thierreiche. Mit Chlor und Wasser bildet der Kalk theils ein feuchtes Pulver, Bleichpulver, theils bei mehr Wasser und Chlor eine Flüssigkeit, Bleichflüssigkeit, welche beide zum Bleichen häufig angewendet werden.

Das *Calciumhyperoxyd* ist noch wenig bekannt. Das *Fluorcalcium*, der *Flussspath* der Mineralogen, findet sich in kleiner Menge auch in thierischen Substanzen, besonders in den Zähnen und Knochen. Das *Chlorcalcium* ist eine wei-

durchscheinende, in der Rothglühhitze schmelzende Masse. Das *Schwefelcalcium* ist der Hauptbestandtheil der durch Glühen von Kalk mit Schwefel erhaltenen Kalkschwefelleber, die mit wässrigen Säuren Hydrothionsäure entwickelt. Das *Phosphorcalcium* verhält sich wie das Phosphorbaryum und wird durch Hinzuleiten von Phosphordämpfen zu in einer Glasröhre glühendem Kalk erhalten.

G.

Caliber.

Calibre; Caliber, Caliper; kommt hauptsächlich bei der Artillerie vor, und heißt die Dicke oder der Durchmesser eines runden Körpers, z. B. der Kugeln, oder speciell die Bohrung oder innere Weite der Artilleriestücke (*pièces d'Ordonnance; pieces of ordnance*) oder der hierzu gehörigen Kugeln und Bomben.

In der Naturlehre wird der Ausdruck in der Regel nur von hohlen Röhren gebraucht, welche hauptsächlich zu irgend einer Messung dienen sollen, und bezeichnet dann ihre Weite, wobei man den innern hohlen Raum derselben als vollkommen cylindrisch voraussetzt, indem sie sonst in den verschiedenen Theilen ihrer Länge ein verschiedenes Caliber haben müßten. Es kommt bei den zum Messen anzuwendenden Röhren erstlich darauf an, die innere Weite derselben zu bestimmen, oder zweitens zu untersuchen, ob dieselbe überall gleich ist, welches Letztere gleichfalls Calibriren genannt wird.

1. Das Erstere, welches unter der Voraussetzung vollkommener Cylinderform mit der Bestimmung des inneren Durchmessers der Röhren zusammenfällt, geschieht bei weiteren vermittelst eines gemeinen Cirkels oder besser eines feinen Stangencirkels, bei engeren aber am besten dadurch, daß man einen Cylinder von hartem Holze, welcher nur wenig verjüngt ist, oder von fest aufgerolltem Papiere genau in die innere Oeffnung paßt, und dann vermittelst eines Tastercirkels oder eines geeigneten Stangencirkels den Durchmesser desselben bestimmt. Für sehr enge Röhren, oder eigentliche sogenannte Haarröhrchen ist auch dieses Verfahren zu wenig genau, und muß bei diesen der innere Halbmesser durch das Gewicht einer Quecksilbersäule von gegebener Länge bestimmt werden, wie schon

DÜROU¹ vorgeschlagen, GAY-LÜSSAC aber bei seinen Versuchen zur Prüfung der LA PLACESchen Theorie der Capillarität mit grosser Genauigkeit ausgeführt hat². Man wiegt zu diesem Ende die Röhre, deren innerer Raum mit unmerklicher Abweichung als genau cylindrisch vorausgesetzt wird, zuerst leer, füllt dann einen Cylinder von Quecksilber von bestimmbarer Länge hinein, und wiegt die Röhre abermals, wodurch das Gewicht des Quecksilbers $= p$ gefunden wird. Die Länge der Quecksilbersäule in der Röhre $= l$ findet man leicht mittelst eines gemeinen Cirkels oder eines Stangencirkels, und wenn dieselbe beträchtlich lang ist, so kann man die convexen Enden der Quecksilbersäule füglich vernachlässigen, oder nach dem Augenmaße corrigiren. In diesem Falle ist der Inhalt des Quecksilbercylinders im Röhrchen $= r^2 \pi l$, und wenn das Gewicht eines gegebenen Mafses, z. B. eines Kubikzolles Quecksilbers $= m$ ist; so ist $r^2 \pi l m = p$ woraus der Halbmesser der Röhre $r = \sqrt{\frac{p}{\pi l m}}$ gefunden wird. Setzen wir hierin das Gewicht eines rheinl. Kubikzolles Wasser $= 288,21$ Gr. Med. Gew.³, das spec. Gew. des Quecksilbers $= 13,586$, so ist für die Länge $= l$ in rheinl. Zollen und p in Granen Med. Gew. $r = 0,0090162 \sqrt{\frac{p}{l}}$ Für par. Zolle und Grane Med. Gew. ist $r = 0,008563 \sqrt{\frac{p}{l}}$; für englische Zolle und Grains Troy-Gewicht ist $r = 0,009615 \sqrt{\frac{p}{l}}$; für neu französisches Maß p in Grammen und l in Decimetern ist $r = 0,1531 \sqrt{\frac{p}{l}}$ gleichfalls in Decimetern.

Will man indess auf die Convexität an beiden Enden der Quecksilbersäule Rücksicht nehmen, und ist es möglich, den Anfang derselben genau wahrzunehmen, so läßt sich die hiernach erforderliche Correction auf folgende Weise erhalten: Man kann mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß das Quecksilber an jedem Ende eine Halbkugel vom Halbmesser der Röhre

¹ J. d. P. XI. 127.

² Biot Traité. I. 440.

³ S. Maßs.

bildet. Mißt man daher die Länge des Cylinders bis an den Anfang dieser Halbkugel an beiden Enden und nennt diese Länge l' , die Höhe der einen Halbkugel aber λ , so ist nach dem bekannten Verhältnisse der Kugel zum Cylinder $l = (l' + \frac{2}{3} \lambda)$ welches in die Formel aufgenommen den corrigirten Werth von r giebt, und wobei die Richtigkeit der Messung danach geprüft werden kann, daß die hieraus gefundene GröÙe von r nicht merklich von $\frac{2}{3} \lambda$ abweichen darf. Wollte man sich indess auf eine solche Messung nicht verlassen, so wäre zuvörderst aus der gemessenen ganzen Säule nach der oben gegebenen Formel der uncorrigirte Werth von r zu suchen, und indem man dann die corrigirte Länge der Säule $l' = (l - \frac{2}{3} r)$ aufs neue in die Formel einführte und abermals rechnete, der corrigirte Werth von r zu finden.

2. Unter Calibriren, hauptsächlich der Glasröhren, versteht man zweitens gleichfalls sehr häufig die Untersuchung, ob das Caliber oder die Weite der Röhre in der ganzen Länge des zum Gebrauche bestimmten Theiles gleich sey. Es ist dieses in allen denjenigen Fällen durchaus nothwendig, worin die Vermehrung oder Verminderung eines gegebenen Körpers nach der Länge des Cylinders gemessen werden soll, welchen er in der Röhre bildet, z. B. bei Thermometern, Eudiometern u. dgl. Das zweckmäÙigste und wohl einzige Mittel hierzu ist, in die zu calibrirende Röhre einen Cylinder von Quecksilber zu bringen, welches die Wände nicht benetzt, und daher bei seiner Bewegung in der Röhre von seiner Masse durch Adhäsion nichts verliert, und zu versuchen, ob die Länge desselben überall gleich bleibt. Man kann diesen Versuch auf zweierlei Weise anstellen, entweder indem man wiederholt gleiche Massen Quecksilber in die zu calibrirende Röhre gieÙt, und durch Messung bestimmt, ob eine jede darin einen Cylinder von gleicher Länge bildet, in welchem Falle auch das Caliber gleich ist, oder indem man die nämliche Masse Quecksilber durch die ganze Länge der Röhre fortbewegt, und an jeder einzelnen Stelle mißt, ob sie allezeit einen gleich langen Cylinder bildet. Das erstere Verfahren ist mühsam und leicht unsicher, das zweite hauptsächlich bey engen Röhren leicht und sicher anwendbar; in beiden Fällen aber ist es überflüssig, auf die convexe Oberfläche des Quecksilbers Rücksicht zu nehmen, weil der hieraus erwachsene Feh-

ler sich stets gleich bleibt und daher von selbst ausgeglichen wird. Bei weiteren Röhren befestigte DE LÜC¹ einen in die Röhre gepaßten Kork an einem Faden, goß das Quecksilber darüber, und bewegte den hierdurch gebildeten Cylinder in der Röhre durch Fortziehen des Korkes vermittelst des Fadens von einem Ende derselben zum andern. Bei engeren, namentlich zu Thermometern bestimmten Röhren ist dieses Verfahren aber unnöthig und meistens unmöglich. Es genügt dagegen, nur durch Saugen einen Cylinder von willkürlicher Länge in die Röhre zu bringen, sie horizontal niederzulegen, ein Stückchen dickes Papier oder Spielcharte genau von derjenigen Breite zu schneiden, als die Länge des gebildeten Cylinders beträgt, dann durch die erforderliche Neigung der Röhre den Quecksilbercylinder in derselben weiter zu bewegen, und durch Auflegen des Papierstreifens zu messen, ob seine Länge stets unverändert bleibt.

3. In vielen Fällen, z. B. bei der Verfertigung der Endiometer, Anthrakometer und sonstiger Meßwerkzeuge ist es erforderlich, auch weitere Röhren in gleiche Räume und zugleich von einem bestimmten Inhalte zu theilen. Auch für diesen Zweck bietet das Quecksilber wegen seines großen spec. Gewichtes ein sehr sicheres und bequemes Hülfsmittel dar. Am einfachsten würde das Verfahren seyn, wenn man die den erforderlichen Raum ausfüllende Menge Quecksilbers jedesmal aufs neue abwöge, jede einzeln in die Röhre gösse, und ihren Stand bezeichnete, und den hierdurch erhaltenen Raum in so viele gleiche Theile theilte, als worein die Röhre getheilt werden soll. Weil aber dieses wiederholte Abwägen sehr langweilig ist, so bedient man sich lieber der Messungen, welche für diesen Zweck hinlängliche Genauigkeit geben. Ein hierzu von PARROT² vorgeschlagener Apparat, den früher von RÉAUMÜR, LUTZ u. m. gebrauchten kleinen Bechern nachgebildet, aber ungleich bequemer und genauer eingerichtet, läßt sich in vereinfachter Gestalt und wohlfeil auf folgende Weise darstellen. Man nimmt eine genau cylindrische, einige Zolle lange und ei-

¹ Recherches sur les mod. de l'atm. I. sect. 1. ch. 3.

² G. XLI. 62.

nige Linien weite Glasröhre *a a*, faßt sie in einen eisernen Ring *Fig. 1* *b b*, welcher an zwei, einander diametral entgegengesetzten Seiten zwei mit der Glasröhre parallel herabgehende Stangen hat; diese tragen unten die Platte *d d* mit einer Schraubenmutter in ihrer Mitte, durch welche die männliche Schraube *g* geht. Am obern Ende dieser letzteren ist vermittelt einer eisernen Platte der Kork *e* befestigt, welcher gedrängt in die Röhre paßt. Letztere ist an ihrem oberen Ende plan geschliffen, und eine genau auf den Rand passende kleine Glasplatte dient dazu, den Raum der Glasröhre zwischen dem Korne und dieser Platte durch die letztere scharf abzuschneiden. Beim Gebrauche bestimmt man nach den oben mitgetheilten Angaben das Gewicht eines gewissen Volumens Quecksilber, wiegt dieses sorgfältig ab, schüttet es nach hinlänglich zurückgezogenem Korne in die Glasröhre, und indem man die Glasplatte auflegt, den Kork aber in die Höhe schraubt, bestimmt man auf das genaueste den Raum, welchen es einnimmt. Diesen füllt man nachher wiederholt mit Quecksilber, gießt dieses in die zu calibrierende Röhre, und bezeichnet den jedesmaligen Stand, welchen dasselbe einnimmt, wobei es leicht ist, nach den angegebenen Elementen die Länge der Quecksilbersäule für die convexe Oberfläche zu corrigiren. Bildet dieselbe nämlich eine Halbkugel, so darf man nur jederzeit $\frac{1}{2}$ ihrer Höhe abziehen. Eine weitere genauere Berechnung würde für jeden einzelnen Fall sehr schwierig, für den praktischen Gebrauch aber überflüssig seyn.

M.

Calorimeter.

Mit diesem lateinisch griechischen Namen bezeichneten *LAVOISIER* und *LA PLACE* eine Vorrichtung, welche dazu dienen soll, die von einem Körper ausgehende Wärme zu messen. Sie bedienten sich hierzu des Eises, mit welchem sie den Körper von allen Seiten umgaben, und nahmen als relatives Maß der Wärme das Quantum des aus der Eishülle durch die Wärme des Körpers ausgeschmolzenen Wassers an. Um die Störung zu verhüten, welche der Zutritt der Luftwärme auf das Resultat haben konnte, war jene Eistrinde noch mit einer zweiten Hülle von Eis umgeben, so daß jede Schmelzung von Außen unmöglich gemacht wurde. Dieses sind die Grundzüge von *LAVOISIERS* Eis-

Fig. 2. apparat; seine nähere Beschreibung ist folgende: A ist eine Art Korb von Eisendraht geflochten, in welchen der zu prüfende Körper gelegt wird; er ist oben mit einem durchlöchernten Deckel C versehen, und in den blechernen Cylinder BB frei aufgehängt. Der Zwischenraum zwischen Korb und Cylinder wird überall mit zerstoßenem Eise erfüllt. Das Gefäß BB ist sodann noch von einem zweiten EE ganz umschlossen, und der zwischen beiden befindliche Raum ebenfalls mit Eis ausgefüllt. Im Gefäße B befindet sich unten ein eiserner Rost, und unter diesem ein Drahtsieb, um fortgeschwemmte Eistheilchen aufzuhalten. Etwas tiefer ist der senkrechte Auslauf mit dem Hahn d angebracht, während dem der Abzug aus dem äussern Gefäße E seitwärts durch den Hahn f statt findet. Auch die Deckel C und DD werden mit zerstoßenem Eise gefüllt, und so ist der zu prüfende Körper ringsum mit einer doppelten Eiswand umschlossen. Indem er nun im Eisapparat bis auf 0° erkaltet, wird durch die aus ihm frei werdende Wärme ein Theil der innern Eishülle geschmolzen, und das aus dem Hahn d abfließende Wasser giebt das Maß dieser Schmelzung an. Was durch den Hahn f abgeht, ist nur die Wirkung der äussern Luftwärme auf die äussere Eishülle. Da das Wasser, so lange noch ein Eistheilchen in demselben bleibt, sich nicht über 0° Wärme erhebt, so kann der innern Eishülle niemals einige Wärme von Aussen her zugeführt werden.

Die Theorie des Calorimeters beruht auf folgendem: Die Menge des vom erwärmten Körper geschmolzenen Eises ist desto größer, 1. je größer die Masse des Körpers ist, 2. je stärker seine Erwärmung war, und 3. je größer das Maß fühlbarer Wärme ist, das er bei gleicher äusserer Erkältung absetzt; mit andern Worten: sie ist im geraden Verhältniß der Massen und Temperaturen der Körper und ihrer Capacität für die Wärme (ihrer specifischen Wärme). Es sind also für die Körper A und a, nach ihren Massen M und m, ihren Temperaturen (zwischen dem Eis- und Siedpunkt des Wassers) T und t, und ihren specifischen Wärmen C und c, die Mengen W und w des geschmolzenen Eises $= MTC$ und mtc , oder $C = \frac{W}{MT}$ und $c = \frac{w}{mt}$. Da hier nur von relativen Bestimmungen die Rede seyn

kan, so ist es nöthig, die specifische Wärme irgend eines bekannten Stoffes als Einheit anzunehmen, und die Eismengen, die von jedem andern Stoffe nach Maßgabe seiner Masse und Temperatur geschmolzen werden, mit derjenigen zu vergleichen, welche dieser Körper zu schmelzen im Stande ist. Man hat hierfür, wie in manchen andern Fällen, das reine Wasser gewählt, dessen specifische Wärme $= 1$ gesetzt wird. Zu mehrerer Vereinfachung ertheilt man ihm (wenigstens in der Voraussetzung) eine Wärme, bei welcher es ein ihm gleiches Gewicht von Eis ganz zu schmelzen vermag. Versuche haben gezeigt, daß dies bei einer Wärme, welche $\frac{3}{4}$ unsrer Thermometerscale (60° des sogenannten Réaumur'schen oder 75° des hunderttheiligen Thermometers) beträgt, statt finde. Durch diese Annahme werden in der Formel die Größen W und M einander gleich, und $T = 60^\circ \text{ R.}$ oder 75° C. ; und wenn C die specifische Wärme des Wassers, c diejenige des zu prüfenden Körpers bezeichnet, so hat man $C : c$

$$= \frac{W}{M T} : \frac{w}{m t} \text{ oder } 1 : c = \frac{1}{T} : \frac{w}{m t}, \text{ mithin } c = \frac{T \times w}{m t}. \quad \text{Für}$$

setzt man die Zahl 75 in die Formel, wenn t in Graden des hunderttheiligen Thermometers gegeben ist; gebraucht man das Réaumur. Thermometer, so wird $T = 60$.

Beispiel. $5\frac{1}{2}$ Pfund Gufseisen bis zur Wärme des Siedepuncts erhitzt, haben 0,81 Pf. Eis geschmolzen, man hat also $m = 5,5$; $w = 0,81$; $t = 100$, $T = 75$; mithin die specifi-

$$\text{che Wärme } c = \frac{75 \times 0,81}{100 \times 5,5} = \frac{3 \times 0,81}{4 \times 5,5} = 0,1105.$$

Ist der zu prüfende Stoff tropfbar flüssig, so schließt man in ein Gefäß ein, dessen specifische Wärme bereits durch Versuche oder Rechnung bestimmt worden ist. Es seyen c' , w' ,

t' die obigen Größen für dieses Gefäß, so ist $c' = \frac{75 w'}{m' t'}$, und

$= \frac{c' m' t'}{75}$. Bezeichnet man durch U das Resultat der ganzen

Schmelzung, so ist derjenige Theil, welcher dem flüssigen Körper

zuschreiben ist $= w = \left(U - \frac{c' m' t'}{75} \right) : m t$, also die gesuchte

$$\text{specifische Wärme } c = \frac{75}{m t} \left(U - \frac{c' m' t'}{75} \right) = \frac{75 U}{m t} - \frac{c' m'}{m}, \text{ in-}$$

dem die Temperatur des Gefäßes derjenigen der eingeschlossenen Flüssigkeit gleich gesetzt wird.

Beispiel. 4 Pfund Salpetersäure wurden in einem gläsernen Kolben von 0,531 Pf. Gewicht bis zu 100° C. erhitzt, und schmolzen nach einer zwanzigstündigen Abkühlung im Calorimeter 3,664 Pf. Eis. Die specifische Wärme des Glases ist 0,1929. Man hat also hier $U = 3,664$; $m = 4$, $t = 100$, $c' = 0,1929$ $m' = 0,531$, mithin $c = \frac{75 \times 3,664}{4 \times 100} - \frac{0,1929 \times 0,531}{4} = 0,68701 - 0,02562 = 0,66139$.

Beim Gebrauche des Calorimeters ist folgendes zu bemerken. 1. Das Eis, mit welchem die Zwischenräume gefüllt werden, muß ja nicht kälter als 0° seyn. Man thut daher wohl, es vor der Anwendung etwa eine Viertelstunde lang ins Wasser zu tauchen. 2. Es muß so stark befeuchtet seyn, daß dasjenige Wasser, welches ein Product der Schmelzung ist, nicht von demselben eingeschluckt werde, sondern sogleich ablaufe. 3. Es darf nicht aus allzukleinen Stücken bestehen, weil diese durch die Wirkung der Capillarität das Wasser zurückhalten könnten. Eben deswegen ist auch der Schnee unbrauchbar. 4. Die Eisstücke dürfen jedoch auch nicht zu groß seyn, um nicht freie Zwischenräume darzubieten, durch welche die Wärme hindurchstrahlen könnte. Einige rathen an, ihnen die Größe einer Nuss zu geben. Auf jeden Fall wird, da die Größe der Stücke, mithin die dem anhängenden Wasser dargebotene Oberfläche immer kleiner wird, etwas mehr Wasser ablaufen, als was das bloße Product der Schmelzung ist. 5. Die Temperatur des Zimmers, in welchem operirt wird, darf niemals unter 0° seyn; sie darf aber auch nicht mehr als einige Grade über 0° ansteigen, damit nicht die Wärme, welche durch die unvollkommene Verschlössung der Deckel eindringen könnte, das Resultat störe.

Man entgeht einem großen Theile dieser Schwierigkeiten, wenn man neben dem Calorimeter, in welches der zu prüfende Körper gebracht wird, einen zweiten, diesem in allen Theilen möglichst gleichen Eisapparat hinsetzt, und abwechselnd den erhitzten Körper erst in den einen, dann in den andern legt. Der Unterschied der aus beiden abgelaufenen Wassermengen giebt

möglichst nahe das reine Resultat der beabsichtigten Schmelzung. Es versteht sich, daß kein Wasser ablaufen, mithin keiner der Hähne geöffnet werden darf, bis der ganze Versuch, welcher meistens mehrere Stunden dauert, beendigt ist. Eben so ist bei Bestimmung der Temperatur des eingeschlossenen Körpers der Wärmeverlust zu berücksichtigen, welchen derselbe beim Uebertragen ins Calorimeter erleidet. Auch ist zu bemerken, daß die aus solchen Versuchen abgeleiteten Resultate über die specifische Wärme verschiedener Stoffe¹ nur innerhalb derjenigen Gränzen als richtig anzusehen sind, in welchen jene angestellt wurden (zwischen dem Eis- und Siedepuncte des Wassers), und daß bei höhern Wärmegraden die Fähigkeit der Körper, Wärme in sich aufzunehmen, wegen Aenderung ihres Aggregatzustandes nicht dieselbe seyn könne.

Das Calorimeter dient nicht nur, die specifische Wärme fester oder flüssiger Körper zu bestimmen, sondern auch die relative Wärme anzugeben, die sich bei der Vermischung verschiedener Flüssigkeiten, bei dem Respirations- und Verbrennungsproceß und dgl. entwickelt. Für diesen letztern Zweck, namentlich auch für die Bestimmung der specifischen Wärme der Gasarten wird eine umgebogene Röhre in das Innere des Calorimeters hineingeführt. Ungleich bequemer aber ist hierzu das von RUMFORD vorgeschlagene Calorimeter, bei welchem ein bestimmtes Gewicht Wasser durch den zu prüfenden Körper erwärmt wird.

Das Wassercalorimeter. AA ist ein Kästchen aus dünnem Kupfer, oder aus Weißblech von 8 Zoll Länge, 4,5 Zoll³ Breite und eben so viel Höhe. In demselben befinden sich drei kreisförmige Oeffnungen in B, C und D, in welche cylindrische Röhren eingelöthet sind. Die erstere, im Mittelpuncte des Deckels dient, um das Kästchen mit Wasser zu füllen, und wird mit einem Korkstöpsel verschlossen; in die zweite engere Oeffnung bei C, wird durch einen durchbohrten Kork ein cylindrisches Thermometer gesteckt; die dritte bei D empfängt die Einmündung der Kühlschlange s s, welche das Wesen dieses Apparats ausmacht; diese ist von sehr dünnem Bleche, ihr Querschnitt ist nicht kreisförmig, sondern bildet ein Rectangel von

¹ Vergl. *Wärme, specifische.*

$\frac{1}{2}$ Zoll Höhe und $1\frac{1}{2}$ Zoll Grundlinie am Eingang, und 1 Zoll am Ende der Schlange. Sie macht in horizontaler Ebene mit halbkreisförmiger Wendung drei Gänge durch das Kästchen, und steht vom untern Boden überall zwei Linien weit ab.

Bei D ist sie mit einem Cylinder c von 1 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Länge verbunden, in welchen der umgekehrte Trichter f hineingesteckt wird, bestimmt, die Wärme verbrannter Stoffe aufzufangen. Das Kästchen A A ist an seinem Rande in einen hölzernen Rahmen m m eingelassen, der auf vier dünnen Füßen steht, um jeden Abzug von Wärme durch Berührung so viel als möglich zu verhindern.

Das Gefäß des bei C eingesteckten Thermometers ist ein Cylinder von dünnem Glase, zwey Linien weit, und 4 Zolle hoch, so daß er die Temperatur der verschiedenen Wasserschichten vereint angiebt.

RUMFORD hatte anfangs zwei solcher Apparate dergestalt miteinander verbunden, daß das Ende der Kühlröhre des Erstern in die Einmündung derjenigen des zweiten Recipienten übertrat. Ein Versuch, den er über die beim Verbrennen eines Wachlichtes entwickelte Wärme anstellte, bei welcher das Wasser der Hülfsrecipienten um keinen vollen Grad erwärmt wurde, während dem die Temperatur des Hauptgefäßes von 10° R. bis auf 32° R. sich erhob, bewog den Erfinder, das zweite Gefäß als unnütz wegzulassen, was um so unbedenklicher geschehen konnte, da er aus andern Gründen sich vorgenommen hatte, die Erwärmung nicht bis auf diese Höhe steigen zu lassen. Es trat nemlich bei diesem Calorimeter ein Umstand ein, für welchen bei LAVOISIERS Apparat bereits gesorgt war, die Einwirkung der äußern Luft auf den Recipienten, und Wärmestrahlung seiner Oberfläche. RUMFORD half diesem auf eine Art ab, die eines so gewandten Experimentators würdig ist und die ihn zu dem Ausspruch berechtigte, daß bei solchen Untersuchungen es besser sey, den Fehlern der Methode entweder ganz auszuweichen, oder sie durch ein entgegengesetztes Verfahren zu compensiren, als auf ihre Berechnung zu bauen. Er erkältete nämlich das Wasser des Recipienten, und somit auch seine Wände selbst *unter* die Temperatur der umgebenden Luft, und endigte den Versuch, wenn die Wärme des Wassers die Temperatur der Luft um eben so viel Grade überstieg, als

sie zu Anfang unter derselben gewesen war. So wurde in der zweiten Hälfte der Versuche das Calorimeter durch die Luft um eben so viel erkältet, als es in der ersten erwärmt worden war.

Die Wände des Calorimeters nehmen die Temperatur des eingeschlossenen Wassers an, mithin wird ein Theil der Wärme, durch welche die Temperatur des Letzern erhöht wird, auch auf jene verwendet. Man kann dafür leicht Rechnung tragen, indem man die Wassermenge sucht, welche der Masse des Instruments und seiner specifischen Wärme entspricht. Diese Quantität ist gleich dem Gewicht des Calorimeters, multiplicirt mit der specifischen Wärme des Stoffes, aus welchem es verfertigt ist, dividirt durch die specifische Wärme des Wassers. Wäre z. B. das Gewicht des Kästchens von Eisenblech 400 Grammen, so ist die specifische Wärme dieser Substanz nach LAVOISIER $= 0,11$, diejenige des Wassers gleich 1 gesetzt, mithin müßte bei Berechnung der Versuche die Wassermenge des Calorimeters noch um die constante GröÙe von $400 \times 0,11$ d. i. um 44 Grammes vergrößert werden.

Die Angaben dieser Calorimeter lassen sich leicht auf diejenigen des vorhin beschriebenen Eisapparats reduciren, wenn man die von verbrennlichen Stoffen bewirkte Erwärmung des Wassers mit der Wärme vergleicht, die erfordert wird, um ein Quantum Eis vom nämlichen Gewicht zu schmelzen. Diese beträgt drei Viertheile unsrer Thermometerscale. Die Wassermasse im Calorimeter muß also mit ihrer Erwärmung eben so viel ausmachen, als ein zu suchendes Quantum Wasser, das 75° warm wäre; oder, wenn t die beobachtete Erwärmung nach 100 theiligen Graden, C den Wasserinhalt des Calorimeters nach Grammen oder Pfunden, E das Quantum geschmolzenen Eises, (oder Wassers von 75° Wärme) nach dem nämlichen Gewicht, wie das Calorimeter bezeichnet, so muß $C \times t$ gleich

$E \times 75$ seyn. Es folgt hieraus $E = \frac{C \times t}{75}$, und wenn die

Temperatur des Wassers nach Réaumur-Graden bestimmt

wurde, $E = \frac{C \times t}{60}$. Richtet man das Volumen des Calo-

rimeters so ein, das sein Wassergehalt mit Einschluss desjenigen Quantum, welches der specifischen Wärme des Gefäßes entspricht, in einer Gewichtegattung durch eine Zahl ausge-

drückt werde, welche zu 60 oder 75 ein einfaches Verhältniß hat, so wird die Rechnung noch einfacher. Wäre z. B. da Gewicht der Wassermasse des ganzen Instruments = 600 Grammen, so wäre bei dem Gebrauch des Réaumur'schen Ther-

mometers $\frac{C}{60} = 100$ und so würde das hundertfache der beobachteten Erwärmung die Menge von Eis ausdrücken, welche durch die, bei dem Versuch angewendete Substanz in eben der Zeit geschmolzen worden wäre. Da die beim Versuch aufgewandte Substanz nach dem nämlichen Gewichte angegeben wird, so muß der gefundene Werth von E noch durch das Gewicht derselben dividirt werden, um diejenige Menge Gewichtstheile Eises zu erhalten, welche Ein Gewichtstheil dieser Substanz zu schmelzen vermag. Setzt man das gebrauchte Gewicht der Substanz = A , so wird endlich $E = \frac{C \times 100}{75 A}$ oder wenn das Gewicht des Wassers dividirt durch 60 oder 75 einen constanten Werth = M ausmacht $E = \frac{M t}{A}$.

Beispiel. Versuch mit weißem Wachs.¹ Temperatur des Zimmers = $61^{\circ} \text{ F.} = 12^{\circ},87 \text{ R.}$ Temperatur der 278 Grammen Wasser, womit das Calorimeter angefüllt wurde einschließlich der der specifischen Wärme des Instruments entsprechenden Wassermenge = $56^{\circ} \text{ F.} = 10^{\circ},67 \text{ R.}$ Ein Wachslicht, das unter der Mündung des Kühlrohres stand, wurde angesteckt, und als das Thermometer des Instruments genau $66^{\circ} \text{ F.} = 15^{\circ},11 \text{ R.}$ erreicht hatte, also um $10^{\circ} \text{ F.} = 4^{\circ},4 \text{ R.}$ gestiegen war, ausgelöscht. Darüber waren $13' 26''$ hingegangen, und das Wachslicht hatte 1,63 Grammen an Gewicht verloren. Es ist also hier $C = 2781$, $t = 4,44$; $A = 1,63$ also $M = 46,35$; $\frac{t}{A} = 2,726$; und $E = 126,36$ d. i. die Hitze, die aus einem Gewichtstheil Wachs erzeugt wird, ist vermögend 126,4 gleicher Gewichtstheile Eis zu schmelzen also 1 Pf. Wachslichter 126 Pfunde Eis.

Auf eben den Grundsätzen beruhte das Calorimeter, dessen sich zwei französische Physiker LAROCHE und BERARD bedienen

¹ Rumford bei G. XLIV. 12.

um die specifische Wärme der Gasarten auszumitteln. Es bestand aus einem Cylinder von dünnem Kupferblech, $5\frac{1}{2}$ Zoll hoch, und 3 Zoll im Durchmesser, in welchem eine spiralig gewundene Kühlröhre, deren ganze Länge bis auf 3 Fuß gehen mochte, sich hinaufwand. Das Thermometer hatte den Cylinder von der Höhe des Gefäßes, und war so em-
 pfänglich, daß es 0,02 eines Grades angab. Um mit einem kleinen Quantum Gas einen anhaltenden Strom durch das Calorimeter zu leiten, bediente man sich zweier Gasometer, aus denen abwechselnd die Luft in das andere getrieben wurde. Bevor sie durch das Calorimeter ging, mußte sie eine Strecke von mehr als 3 Fuß Länge durchwandern, die mit einer zweiten, weitern Röhre umgeben war, durch welche beständig heißer Wasserdampf strömte. Um die Operation zu erleichtern, wurde das Calorimeter, dessen Inhalt mit Luft gefüllt, der metallenen Hülle einer Wassermasse von 596,8 Pfund gleich war, vorher durch eine Weingeistlampe nahe an derjenigen Temperatur erwärmt, welche die Wirkung des Gases demselben im Maximum zu ertheilen vermöchte. Dann beobachtete man die Zunahme der Erwärmung von 10 bis 10 Minuten. Da aber diese in der Nähe des Maximums zu langsam vor sich ging, so würde, wenn das Thermometer noch um einige Zehntel gerade unter der stationären Höhe war, die Temperatur des Calorimeters durch Annäherung eines kalten Körpers ein wenig über das Maximum hinaufgebracht, nachher der Gang der allmäligen Erkältung des Instruments alle 10 Minuten notirt, und der Versuch geschlossen, wenn die Langsamkeit der Aenderung des Thermometers zeigte, daß man der stationären Höhe in absteigender Richtung eben so nahe war, als vorher in aufsteigender. Die Erwärmung betrug ungefähr 16 bis 20 hunderttheilige Grade betragen, während dem das Gas etwa 70 Grade verlor. Für andere zugehörige Quellen der Wärme, z. B. die Mittheilung durch die Leitungsröhren wurde sorgfältig Rechnung getragen, und eben so für die äußere Erkältung des Apparats¹.

¹ de Ph. LXXVI. 155. Von ähnlicher Beschaffenheit ist der Apparat, vermittelt dessen DESPRETZ die latente Wärme der Dämpfe bestimmt. Vergl. *Dampf, latente Wärme desselben*.

Die Einfachheit und Bequemlichkeit des *Wassercalorimeters* bewog seinen ersten Erfinder, dasselbe auch auf die Prüfung tropfbar flüssiger Stoffe anzuwenden. Er gebrauchte statt des Kühlrohres ein kleines Fläschchen aus dünnem Kupferblech, welches, mit der zu prüfenden Substanz gefüllt, in das Wasser des Calorimeters getaucht wurde. Rumford hatte ihm zur Vergrößerung der Oberfläche die Form eines doppelten Kreuzes gegeben, es wog nur 76 Grammen; und seine specifische Wärme war der von 8,36 Gr. Wasser gleich. Es wurde durch einen langen Kork verschlossen, der zugleich als Handhabe diente, um beim Eintauchen desselben die Hand vom Wasser hinreichend entfernt zu halten. Das Wassergefäß ebenfalls aus Kupferblech, war ein offener Cylinder von 2 Zoll Durchmesser, und $4\frac{3}{4}$ Höhe, nur 74,65 Grammen an Gewicht, und mit Einschluss seines Thermometers an specifischer Wärme 24,3 Grammen Wasser gleich. Es stand in einem größern Cylinder, und der Zwischenraum zwischen beiden war mit Eiderdunen ausgefüllt, um den Wärmeverlust durch Ausstrahlung zu hindern. Das Fläschchen mit der Flüssigkeit wurde nun eine geraume Zeit in einen großen Eimer Wasser getaucht, dessen Wärme von derjenigen des Zimmers wenig verschieden war, und nachher so schnell als möglich in den Cylinder übertragen. Den Gang der Rechnung zeigt folgender *Versuch mit gereinigtem Rüb-samenöl*. Wassermasse im Cylinder = 180 Gram. bei 15,28 C. Wärme. Temperatur des Wassers im Eimer 6°,94 C. Masse des Oels im Fläschchen = 82,55 Gram. von eben der Temperatur. Nach 3 bis 4 Minuten fiel das Thermometer im Cylinder auf 13°,75 C. blieb da eine geraume Zeit stehen, und fing dann wieder an zu steigen. Das Wasser im Cylinder war also um 1°,53 C. erkältet, das Oel im Fläschchen um 6°,81 C. erwärmt worden.

Man hat nun $180 + 24,3 \text{ Gram.} = 204,3 \text{ Gr.}$ Wasser multiplicirt mit 1°,52 C. Erkältung = 312,58 Gram. Wasser von 1° C. Wärme. Das Oelfläschchen hatte folglich durch das Eintauchen sich so viel Wärme angeeignet, als nöthig ist, um 312,58 Gram. Wasser um 1° zu erwärmen. Dagegen hatte seine eigene Temperatur um 6°,81 C. zugenommen. Um die Erwärmung des Oels besonders zu haben, muß man die Erwärmung des leeren Fläschchens, dessen specifische Wärme mit den vom Ein-

tauchen ihm anhängenden Wasser auf 9,4 Gr. Wasser zu schätzen ist, aus dem Resultat ausscheiden. Sie beträgt $9,4 \times 6,81 = 64,01$ Gr. Wasser von 1° C, Wärme. Man hat also $312,58 - 64,01 = 248,57$ Gram. Wasser von 1° C Wärme, welche die Temperatur von 82,55 Grammen Oel um $6^{\circ},81$ C erhöht haben. Jene 248,57 Grammen Wasser von 1° C, sind aber gleich 36,5 Gram. Wasser von $6^{\circ},81$ Wärme. Da nun bei gleicher Temperatur die specifischen Wärmen sich umgekehrt wie die Massen verhalten, so hat man für die specifische Wärme des Oels $82,55 : 36,5 = 1 : 0,442$. Andere Versuche gaben sie 0,452.

Bei einer Darstellung der verschiedenen Bemühungen, die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, dürfte es nicht am unrechten Orte seyn, auch einer Methode zu erwähnen, die, wenn sie auch nicht ein eigentliches calorimetrisches Werkzeug darbietet, doch nicht minder genaue Angaben über die specifische Wärme geliefert hat. Das Element der Vergleichung ist hier nicht die *Wärme* selbst, welche der zu prüfende Körper dem umgebenden Fluidum abgibt oder entzieht, sondern es ist die *Zeit*, in welcher der Wärmeumtausch vor sich geht. Die erste Idee dieser Methode verdanken wir dem Prof. MAYER in Göttingen, welcher fand, daß die Geschwindigkeiten, mit welchen verschiedene Stoffe unter gleichen äußern Umständen sich erkälten, ihren specifischen Wärmen proportional seyen. Die Versuche von LESLIE, BOECKMANN, und die von DÜLONG und PETIT haben seither ihre Zweckmäßigkeit ganz außer Zweifel gesetzt. Sie ist jedoch hauptsächlich zwei Schwierigkeiten unterworfen: nämlich erstens, der Ungleichheit des Wärmeverlustes, die durch das verschiedene Ausstrahlungsvermögen der Oberfläche entsteht, und zweitens, der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher der Wärmezufuß aus dem Innern des Körpers an seine Oberfläche, je nach seinem Leitungsvermögen, vor sich geht. Die beiden letztern Physiker verwahrten sich gegen diese Fehler dadurch, daß sie erstlich alle festen Substanzen in pulverisirtem Zustand in einen sehr *kleinen* Cylinder von dünnem Silberblech einschlossen, der ein empfindliches Thermometer enthielt; daß sie zweitens die Stoffe höchstens 10 Grade über die Temperatur der Atmosphäre er-

wärmten, und drittens, daß sie die Erkältung nicht in der freien Luft sondern in einem inwendig geschwärzten, ringsum mit schmelzendem Eise umgebenen Behälter vor sich gehen ließen, in welchem die Luft bis auf die Spannung von ein Paar Millimeter verdünnt worden war. Dadurch wurde der Gang der Erkältung so langsam, daß nicht nur die Einwirkung der verschiedenen Leitungsfähigkeit beseitigt, sondern auch bei der Feinheit des Thermometers, das halbe Hundertheile eines Grades erkennen liefs, die Momente der verschiedenen Erkältungsgrade mit großer Genauigkeit sich angeben ließen.

Das Rumfordsche Calorimeter, das, wie Biot bemerkt, eine vervollkommnete Anwendung der Theorie der Mischungen ist, läßt sich auch nach dem Obigen mit Nutzen zur Bestimmung des Wärmegrades erwärmter Körper gebrauchen. Wenn man z. B. in ein Gefäß mit Wasser ein erhitztes Stück Metall legt, so wird es dem Wasser so viel Wärme mittheilen, als dieses nach seiner Masse und seiner Wärme - Capacität aufnehmen fähig ist; dergestalt, daß wenn t die Temperatur des erhitzten Körpers, m seine Masse, und e seine specifische Wärme bedeutet, T , M und C ebendieses für das Wasser bezeichnen, $t \cdot m \cdot c = T \cdot M \cdot C$; woraus sich die Temperatur

$$t = \frac{T M C}{m c} \text{ ergibt.}$$

Beispiel. Ein Kilogramm Eisen beinahe bis zur Schmelzhitze erwärmt, wurde in 9,615 Kilogrammen Wasser abgekühlt, und die Temperatur des Letztern dadurch um 20 hunderttheilige Grade gehoben. Könnte man annehmen, daß die specifische Wärme des Eisens bei allen Temperaturen die nämliche sey, so hätte man $c = 0,11$; $C = 1$; $m = 1$; $M = 9,615$; $T = 20$; mithin $t = \frac{20 \times 9,615}{0,11} = 1749$ hundert-

theilige Grade, für die Temperatur des Eisens nahe an der Schmelzhitze. Ueberhaupt ist das Calorimeter zur Schätzung von Wärmeentwickelungen jeder Art, die durch Verbrennen, Athmen, Mischung flüssiger Stoffe vor sich gehen, ein sehr brauchbares Werkzeug. Die wichtige Rolle, welche die Lehre der specifischen Wärme in der Erforschung der innern Beschaffenheit der Körper spielt, erhebt dasselbe in den Rang derjeni-

gen Instrumente, welche der Physik die wesentlichsten Dienste geleistet haben ¹.

Gas-Calorimeter, nannte TILLOCH einen Wärmemesser, ein Thermoskop, vermittelt dessen er die Wärme messen will, welche durch Verdichtung der Luft frei, und durch Verdünnung derselben gebunden wird. Die thermoskopische Substanz ist eine gefärbte Flüssigkeit in einem hohlen metallenen Gefäße, welches ein anderes, gleichgeformtes, etwas kleineres umschließt. Im letzteren wird die Luft durch Quecksilber zusammengedrückt, und theilt die entbundene Wärme der Flüssigkeit im erstern mit, deren Ausdehnung durch das Aufsteigen in eine Thermometerröhre gemessen wird. Indem in den Apparat nur mit Mühe, oder überhaupt nicht verschiedene Gasarten gebracht werden können, derselbe ohnehin für feine Temperatur-Unterschiede zu voluminös und im Allgemeinen zu sehr zusammengesetzt ist, so erfüllt er hienach die Erfordernisse eines zweckmässigen physikalischen Apparats keineswegs, und verdient daher keine weitere Beachtung ².

Der Name *Calorimeter* bezeichnet nicht nur die erwähnten Werkzeuge zur Bestimmung des Wärmegehaltes verschiedener Körper, sondern ist auch einem Instrumente zu Theil geworden, das mehr für ökonomische, als für wissenschaftliche Zwecke bestimmt ist. Es wurde von MONTGOLFIER angegeben, um die Hitze zu bestimmen, welche verschiedene Brennstoffe in einer gewissen Zeit hervorbringen. In einem Cylinder von Kupfer oder Holz befindet sich eine Art Ofen, in Gestalt eines an beiden Enden abgestumpften Doppelconus, in dessen mittlerer Grundfläche ein Rost für die Aufnahme des

¹ Man sehe hierüber: In BIOTS Lehrbüchern der Physik das Capital von Calorique latent, im Dictionnaire technologique den Artikel Chaleur von CLÉMENT, die oben erwähnte Abhandlung RUMFORDS in Gilberts Annalen. XLIV. 1. XLV. 1. die von PETIT und DÜLONG in den Annales de Chim. X. pag. 395, und von LAROCHE und BERARD, im Journal de Physique 1813. Tom 76. pag. 155. LESLIE's Experimental Inquiry into the nature und propagation of heat. London. 1804. I. T. MAYR über die Modification des Wärmestoffs. BOECKMANN, Versuch über die Wärmeleitung verschiedener Körper. 1842.

² Phil. Mag. VIII. 216 Vergl. Scherers J. VII. 433.

Brennstoffes liegt. Die untere Oeffnung dieses Conus tritt durch den Boden des mit Wasser angefüllten Cylinders hinaus, um dem Ofen frische Luft zuzuführen; die obere endigt sich in ein rechtwinklicht umgebogenes horizontal fortlaufendes Rauchrohr, welches zur vollständigen Benutzung der Wärme noch mit einem weitem Rohre umgeben ist, das, mit Wasser angefüllt, mit dem Wasser des Cylinders in Verbindung steht. So ist also der Ofen ganz mit Wasser umgeben, und alle in demselben entwickelte Wärme wird auf die Erhitzung des Letztern verwendet. Nachdem man durch ein am obern Ende des Conus angebrachtes verticales Rohr, das nach Volumen oder Gewicht bestimmte Brennmaterial hineingeworfen und angezündet hat, braucht man nur den Moment abzuwarten, da das Wasser ins Kochen geräth. Das Feuer wird nun sogleich ausgelöscht, und die Quantität des verbrauchten Brennstoffes bestimmt. Sobald der Apparat wieder auf die vorige Temperatur heruntergekommen ist, kann zu einem zweiten vergleichenden Versuche mit einem andern Brennmaterial geschritten werden.

Gegen diese Einrichtung hat der königl. Fabrik-Commissär Max in Berlin verschiedene Einwendungen gemacht, die hauptsächlich in folgendem bestehen:

1. Da der Cylinder oben ganz verschlossen, auch kein in das Wasser reichendes Thermometer angebracht ist, so hält es schwer, den Moment, wo das Kochen eintritt, wahrzunehmen. Das Herauslassen von Wasser aus dem oben angebrachten Hahn, und die Prüfung desselben mit dem Thermometer (nach des Erfinders Vorschrift) ist zu weitläufig und ungewiss.

2. Die gänzliche Umschließung des Ofens vom Wasser macht es unmöglich, das Brennmaterial ordentlich einzulegen, oder überhaupt sich zu überzeugen, daß es gut brenne, auch kann, da keine Schieber zur Abschließung des Luftzuges angebracht sind, das Feuer nicht schnell genug gelöscht werden.

3. Läßt sich aus dem unverbrannten Rest des Brennstoffes die Quantität des Verbrauchten nicht mit Sicherheit bestimmen, weil der Rückstand wegen gänzlich veränderter Beschaffenheit keine Vergleichung mit dem rohen Material gestattet.

Nur durch gänzliche Verzehrung des Brennstoffes läßt sich,

nach des Verfassers Ansicht, die einem gewissen Quantum zukommende Wärme-Entwicklung bestimmen. Das beste Mittel, sie zu messen, bietet die durch die Siedhitze beschleunigte Verdunstung des Wassers dar; um diese mit Genauigkeit zu bestimmen, giebt MAY seinem *Brennkraftmesser* folgende Einrichtung:

AA ist der cylindrische Wasserbehälter von Kupferblech, Fig. 4. oben offen, unten bei d d umschliesst er wasserdicht den Ofen B, dessen unterer Theil b b d d cylindrisch ist. Bei t ist daselbst eine kleine Thüre mit einem Schieber angebracht, um nach dem Feuer sehen zu können, das auf dem Roste b b liegt. Der Trichter a a ist bestimmt, die Asche in ein untergesetztes Gefäß abzuleiten. Aus B geht der Rauch durch das spiralförmig gewundene Zugrohr r r, und entweicht nach erfolgter Abkühlung durch das senkrechte Rohr p. Die Kappe q kann zur Reinigung des Rohres weggenommen werden. Seitwärts am Wasserbehälter befindet sich, in Verbindung mit demselben, die aufrechte Röhre f, die oben bei l in einen Cylinder von 2 bis 3 Zoll Durchmesser sich erweitert, der nöthigen Falls von Glas seyn kann, und mit einer Scale versehen ist. Bei o wird die Röhre f durch eine Klappe verschlossen, welche vermittelt des Wagebalkens i k durch den hohlen, kupfernen Schwimmer s, (von cylindrischer oder sphärischer Form) geöffnet werden kann. Durch den Hahn h wird das Wasser des Behälters AA abgelassen. Nachdem der Behälter mit Wasser so weit angefüllt ist, daß die Röhre r r davon bedeckt ist, wird die vollständige Füllung durch den Cylinder l bewerkstelligt: so wie das Wasser so weit angestiegen ist, daß es den Schwimmer s zu heben vermag, schließt sich die Klappe o; und öffnet sich nur, wenn durch Verdunstung des Wassers der Schwimmer gesenkt wird. Hat man beim Anzünden des Brennmaterials, und nach völliger Verzehrung desselben, den Stand des Wassers im Gefäße l genau notirt, so erhält man das Quantum der Verdunstung, mithin auch nach Anbringung der nöthigen Correctionen für dasjenige, was in der gegebenen Zeit auch ohne Erwärmung verdunstet wäre, für die Einwirkung des Feuchtigkeitszustandes der Luft, für barometrischen Druck und Luftzug und Radiation des Gefäßes das relative Resultat der Wirkung des angewendeten Brennstoffes. Doch möchte es bei Versuchen dieser Art incistens zulässig seyn,

mit Beseitigung dieser Kleinigkeiten nur die Menge des verdunsteten Wassers durch das Product aus Brennmaterial und Zeit zu dividiren. Beim Versuche hat der Beobachter folgendes in Acht zu nehmen: 1. den kubischen Inhalt des zu verwendenden Brennmaterials, und auch sein Gewicht zu bestimmen; 2. zu bemerken, ob es mit, oder ohne Flamme brenne, auch ob es viel oder wenig Kohlen oder Ruß gebe; 3. die Zeit, die bis zum Sieden verfließt, zu bestimmen; 4. die Menge des verdampften Wassers; 5. die dazu verwendete Zeit; 6. die Quantität der zurückgebliebenen Asche und Kohlen; 7. den Stand des Barometers; 8. den Stand des Thermometers. Da bei der Kleinheit des Ofens nur wenig auf einmal verbrannt werden kann, so muß fleißig nachgeworfen werden, damit der Ofen immer gleich gefüllt bleibe ¹.

H.

Camera lucida.

Chambre claire; Camera lucida. Ein sehr sinnreiches, und bequemes optisches Instrument, das wie die Camera obscura zum Abzeichnen der Gegenstände nach der Natur dient, aber von dieser gerade dadurch wesentlich sich unterscheidet, daß kein eingeschlossener Raum, keine Camera dabei ist. Es wurde im Jahr 1809 von Dr. WOLLASTON erfunden und mit dem erwähnten Namen bezeichnet ². Seine Einrichtung beruht auf folgendem: Wenn man vor einem Tische stehend durch eine Glastafel, die um 45° gegen den Horizont geneigt ist, auf ein, auf dem Tische liegendes Papier sieht, so wird man das Bild der vorliegenden Gegenstände mit dem Papier und einer hingehaltenen Bleifeder vereint erblicken, so daß man mit dieser alle

¹ Siehe über MONTGOLFIER'S Caloriméter das Journ. des Mines Vol. XIX. pag. 67. Gilb. Ann. Bd. 35. pag. 484. und Gehlens Journ. f. Chem. und Physik. Band II. pag. 717. 1806. Eine Beschreibung des von M. vorgeschlagenen Brennkraftmessers giebt Hermbstädt in seinem Archiv d. Agriculturchemie. 3 Bd. pag. 231. und in seinem Bulletin des Wissenschaften. etc. Band V. pag. 193.

² Schon früher hat Dr. Hooke eine außer Gebrauch gekommen camera lucida angegeben, eine Vorrichtung, um helle Bilder von Gegenständen bei Tage oder bei Nacht auf einer Wand darzustellen. Phil. Trans. N. 38. p. 741.

scheinbaren Umrisse nachzeichnen kann. Allein die umgekehrte Lage des Bildes ist der deutlichen Auffassung hinderlich, und jede Verrückung des Auges muß die Umrisse auf eine andere Stelle des Papiers bringen. Beiden Mängeln hat WOLLASTON auf eine äußerst glückliche Weise abgeholfen. Indem er das Bild zweimal reflectiren liefs, erschien es wieder in aufrechter Stellung, und der Winkel von 45° , unter welchen die spiegelnde Ebene $a b$ geneigt war, wurde nun auf die zwei kleineren Spiegelflächen $a c$ und $b c$ vertheilt, und in einer Deckplatte $d d$ über der Kante a ein kleines Loch zum Durchsehen angebracht, wodurch auch die unverrückte Stellung des Auges gesichert wurde. Die ganze Landschaft ist nun auf die Fläche $a e$ zusammengedrängt, und ihre Projection nimmt nur die Breite eines schmalen Streifens $= f c$ ein. Bei durchsichtigen Glasflächen ist die Spiegelung schwach, und wegen der gedoppelten Bilder leicht undeutlich: man müßte also metallene Spiegel gebrauchen; da aber diese undurchsichtig sind, so muß man die Oeffnung im Deckel so verschieben, daß, wenn das Auge in der Richtung $O e$ steht, die Oeffnung der Pupille durch die Kante a halbirt wird. Dadurch empfängt das Auge zugleich sowohl die Strahlen, die vom Bilde auf $a e$ als auch die, welche von der unterliegenden Papierfläche direct ihm zugesendet werden. Die Bilder beider Gegenstände vermischen sich im Densorium, und so kann der Beobachter die Umrisse des Gegenstandes mit der Bleifeder deutlich und genau verfolgen. Statt der Metallspiegel gebrauchte WOLLASTON ein gläsernes Prisma $a b c e$, dessen Flächen die Strahlen $m n$, $n o$, $o p$, welche unter einem Winkel von 22 bis 23 Graden auffallen, nicht mehr durchlassen, sondern ohne Lichtverlust reflectiren. Das Ganze kann wegen der Nähe des Auges äußerst eng zusammengefaßt werden, so daß ein Prisma, dessen Flächen nur 3 Linien Breite haben, seinem Zwecke vollkommen genügt. Die Entfernung des Prismas von der Papierfläche hängt von der Grösse ab, in welcher man das Bild entwerfen will; sie sollte jedoch nicht über $1\frac{1}{2}$ Fufs, und nicht unter $\frac{1}{2}$ Fufs betragen: die erstere Distanz wird durch die Länge des Armes bedingt, welcher der freien Bewegung wegen, nicht ganz ausgestreckt seyn darf, wobei wegen der vorgeneigten Lage des Kopfes das Auge in die Höhe der Schulter zu stehen kommt; der letztere

Fig. 5.

Fig. 6.

Abstand liefert allzukleine Bilder, bei welchen die Umrisse nicht mit der nöthigen Schärfe gegeben werden können. Kurzsichtige müssen vorne, am Prisma bei v ein für ihr Auge passendes Concavglas anbringen; weitsichtige ein convexes unterhalb desselben, bei x, um die Spitze der Bleifeder deutlich zu erkennen. Die Art, wie beide Gläser am Prisma angebracht sind, ist aus Fig. 7 zu ersehen. Die Deckplatte hat rechts einen über das Prisma hinausragenden Stiel, mit welchem sie um das Schraubchen x als Axe gedreht werden kann. Sie ist der eigentliche Regulator dieser kleinen Maschine. Durch einen leichten Anstoß mit dem Finger wird die Oeffnung verschoben, daß, je nach Bedürfnis mehr Strahlen vom Bilde in's Prisma, oder mehr vom Papier in's Auge gelangen. Der Arm, an welchem das Prisma festgemacht ist, steckt in einer cylindrischen Röhre von etwa 10 Zoll Länge, und dient als Verlängerung desselben. Als Fußstück dient ein Klotz Messing, in welchem die Röhre eine Zapfenbewegung hat, um ihr die erforderliche Neigung geben zu können.

Statt des Klotzes pflegte man auch eine etwas plump ausgefertigte messingene Schraubzwinge zu gebrauchen, mit welcher das Instrument an einen Tisch oder an ein Bret angeschraubt werden kann.

Die Camera lucida ist für die Liebhaber der Landschaftzeichnung ein ungemein brauchbares Hülfsmittel. Sie dient auch dem geübten Künstler zur schnellern Anordnung und Eintheilung seiner Bilder, und ist namentlich zur schnellen Entwerfung von Panoramen (Rundansichten) äußerst bequem. Besonders wichtig ist sie für die Darstellung von Architecturgegenständen, indem sie alle Theile in ihrer gehörigen Verkürzung, gerade so, wie man sie auf eine durchsichtige verticale Tafel zeichnen würde, giebt; eben so treffliche Dienste leistet sie bei Abbildungen von Instrumenten; ein fertiger Zeichner kann sie sogar zur Entwerfung menschlicher Profile gebrauchen. Sie ist überhaupt eine allgemeine Copiermaschine für Zeichnungen. Man braucht das Original nur in einer geringen Entfernung vom Prisma in guter Beleuchtung aufzuhängen, um jeden Contur wiederzugeben; die GröÙe der Copie hängt von der relativen Entfernung ab, die das Prisma vom Tische und von der Zeich-

nung, die man copiren will, erhält. Doch darf bei allen diesen Anwendungen nicht vergessen werden, daß das Feld, in welchem die Abbildungen genau ausfallen, ziemlich beschränkt ist, und es hält z. B. schwer, ein Quadrat, oder einen Kreis genau zu copiren. Es gründet sich dieses auf die allgemeinen Regeln der perspectivischen Entwerfung, denen zufolge der Winkel, den die Gränzen eines Bildes im Auge des Beobachters machen, nicht viel über 30 Grade betragen darf, wenn die vom Mittel entfernten Gegenstände nicht verzerrt werden sollen. Im Ganzen nehmen die Bilder, welche die Camera lucida liefert, etwa den Raum eines Quartblattes ein; allein nur ein Viertheil dieses Raumes, der diejenigen Gegenstände abbildet, welchen das Instrument gerade gegenübersteht, bildet sie in gleicher Ausdehnung ab.

Beim Gebrauch hat man vorzüglich darauf zu sehen, daß man den Kopf hinreichend vorwärts neige, ganz senkrecht hinunter sehe, und das Auge möglichst nahe auf das Prisma halte: auch ist es nicht undienlich, das Prisma dergestalt um seine Axe zu drehen, daß die Kante *a c* beinahe in lothrechte Richtung komme, wodurch ihre Entwerfung noch schmäler wird, und die Bilder noch mehr der Kante *a* genähert werden. Gehörige Verschiebung des Regulator *d*, für jeden einzelnen Gegenstand, je nach seiner Beleuchtung, hauptsächlich aber fleißige Uebung, machen bald die Schwierigkeiten verschwinden, durch welche mehrere Personen vom Gebrauch dieses nützlichen Instruments abgeschreckt worden sind.

Die Camera lucida läßt sich auch bequem bei Mikroskopen und Teleskopen anbringen, um vergrößerte Gegenstände zu entwerfen. Nur muß die Röhre des Erstem eine horizontale Lage erhalten. Man kann das Prisma nur mit etwas Wachs an die äußere Blendung des Oculars kleben, oder überhaupt so befestigen, daß es um seine Längenaxe sich drehen lasse, und vor dem Ocular auf und nieder geschoben werden könne. Bei Gegenständen, wo die aufrechte Stellung nicht wesentlich ist, kann man auch bequem irgend eine schmale reflectirende Fläche, die unter etwa 45° geneigt ist, gebrauchen; so verfertigte SÖMMERING seine Zeichnungen der durchs Microscop vergrößerten Bestandtheile der Augen von Menschen und Thieren mit Hülfe

eines wohlpolirten Stahlplättchens, das die Deckplatte der Unruhe einer Taschenuhr gewesen war¹.

Eben so kann man zur vergrößerten Entwerfung einer Landschaft entweder die unter 45° geneigte durchsichtige Glasfläche, oder einen an seiner Kante schräg abgeschnittenen größern oder kleinern Metallspiegel vor das Ocular eines astronomischen, also verkehrt darstellenden, Fernrohrs, z. B. eines Kometensuchers anbringen, wodurch man sowohl an Vergrößerung des Bildes, als auch an Ausdehnung des Gesichtsfeldes gewinnt.

Der durch verschiedene sinnreiche Erfindungen in der praktischen Optik bekannte Professor AMICI in Modena hat im Jahr 1816 noch andere Einrichtungen für den nämlichen Endzweck vorgeschlagen. Er verwirft WOLLASTONS Methode, weil viele Personen Schwierigkeiten finden, auf diese Weise die Bleifeder zu sehen, und kehrt zur frühern mit der durchsichtigen Tafel zurück. Sein erster Vorschlag ist ganz übereinstimmend mit der Einrichtung, welche im Jahr 1812 Professor LÜDIKE in Meissen² mitgetheilt hat. C D ist ein Metallspiegel, der die aus m ankommenden Strahlen auf die durchsichtige Glastafel A B sendet, von welcher sie in's Auge reflectirt werden, das dann zugleich durch die Glastafel das Papier erblickt. Beide Erfinder suchten das Unangenehme der doppelten Reflection auf der durchsichtigen Tafel zu vermeiden, LÜDIKE indem er vorschlug, sie möglichst dünn zu machen, AMICI indem er ihr eine Dicke von drei Linien gab, und diejenigen Stellen auf der untern Seite, auf denen die schädliche Reflection statt fand, matt schliff. Gesetzt, der Strahl m n werde nach o reflectirt, so wird ein Theil desselben in der Richtung o p in's Auge gehen, während dem der andere nach p, und von da nach r gebrochen wird, um in der Richtung r s in's Auge zu gelangen. Sind die Glasflächen genau parallel, so werden auch die Strahlen o p und r s parallel gehen, und es entsteht keine Undeutlichkeit; ist aber das Glas nur ein wenig prismatisch, so werden die Bilder doppelt; es ist daher rathsam, die hin-

Fig.
8.

1 S. dessen Dissertat. de oculorum hominis animaliumque sectione horizont. Gott. 1818. fol. und G. XLI. 110.

2 G. XLII. 338.

tere Fläche, die oberhalb q doch von keinem Nutzen ist, entweder matt zu machen, oder in der Richtung $q\ r$ ganz wegzuschneiden. Um einen vollkommenen Parallelismus der Flächen zu erhalten, giebt AMICI den Rath, das Glas $A\ B$ aus zwei flachen Prismen zusammenzusetzen, die dann gehörig gegen einander geneigt werden können.

Eine zweite Combination setzt den Spiegel $B\ D$ hinter die Glastafel auf die Seite des Beobachters. Die Strahlen aus m gelangen durch das Glas nach n , und durch die zwei folgenden Reflectionen nach o und p . Bei ihrem Durchgang durch die Glastafel erleiden sie einigen, jedoch unbedeutenden, Lichtverlust; dieser aber wird reichlich aufgewogen durch das große Gesichtsfeld, das diese Construction mit sich bringt, und durch den Vortheil, wegen des geringen Einfallswinkels bei n , einen Glasspiegel gebrauchen zu können.

In AMICI's dritter Einrichtung wird die Glastafel unter einem Winkel von 45° geneigt, und die Umkehrung des Bildes durch ein rechtwinkliges Prisma bewirkt, an dessen Hypotenusenfläche der Strahl in n in n' reflectirt wird, und von n'' in gleichlaufender Richtung mit $m\ n$ ausgeht. Bei dieser Gelegenheit rath AMICI ebenfalls, wie Sömmerring that, einen kleinen Metallspiegel von elliptischer Form anzuwenden, der an einem sehr dünnen Stiel befestigt seyn muß: er ist kleiner, als die Pupille, damit das Auge rings um denselben die directen Strahlen vom Papier erhalte.

Der Erfinder ist endlich bei einer vierten Art stetlen geblieben, die von der ersten sich nur dadurch unterscheidet, daß statt des Metallspiegels ein Prisma gebraucht wird, in derjenigen Stellung, wie die Figur sie zeigt. Es ist bei dieser Einrichtung hauptsächlich darauf zu sehen, daß keine Strahlen vom Prisma selbst, aus der Gegend von n'' in's Auge kommen. Diesem sucht AMICI durch ein oben angebrachtes Blech zu begegnen, welches durch einen darin befindlichen Einschnitt dem Auge nur bis auf die nöthige Distanz hineinzublicken gestattet. Das letztere Instrument in seiner Fassung mit den dabei nöthigen Convex- und Concav-Gläsern ist aus der Zeichnung kenntlich.

So sehr auch AMICI selbst, und die Herausgeber der *Annales de Chimie*, so wie auch FRANCOEUR im *Dictionn. Technologique* (indem sie die Verfertigung dieser Werkzeuge bei den

französischen Optikern LEBREBOURS und CHEVALIER anzeigen) die Vorzüge dieser Constructionen im Gegensatz zu WOLLASTON's Princip erheben, so finden beim Gebrauche der durchsichtigen Tafel doch zwei wesentliche Schwierigkeiten statt, die beim directen Sehen ganz wegfallen. Die eine liegt in der äußerst schwer zu beseitigenden Doppelreflection der Glastafel, die andere in dem Umstande, daß man kein Mittel hat, das oft zu grelle Licht der von der Sonne beschienenen Gegenstände so zu modificiren, daß es die Sichtbarkeit der Bleifeder nicht mehr hindere. Die Schwächung des Bildes durch gefärbte Gläser ist ein Hilfsmittel, das keine Abstufungen in seiner Wirkung zuläßt, dahingegen bei WOLLASTON's Methode es leicht ist, durch Verschiebung des Regulators die relative Helligkeit der beiden Objecte dem jedesmaligen Bedürfnis anzupassen. Die Erfahrung hat auch gezeigt, daß diejenigen Personen, denen nicht alles praktische Geschick überhaupt abging, durch Aufmerksamkeit und Uebung sich mit dem Gebrauche des Wollaston'schen vertraut gemacht haben.

FRANCOEUR bemerkt, daß der Optiker CHEVALIER, ehe AMICI's Vorschläge bekannt waren, bereits auf die, in Fig. 9 angegebene Construction gefallen sey; es ist dieses um so weniger zu bezweifeln, da wir oben gesehen haben, daß der an neuen Ideen so reiche Italienische Optiker auch in ein Paar andern Vorschlägen mit LÜDKLE und SÖMMERRING die Ehre der ersten Erfindung theilen muß¹. H.

Camera obscura.

Dunkle Kammer; Chambre noire; Dark chamber. Ein eingeschlossener dunkler Raum, in welchen die von den umgebenden Objecten ausgehenden Lichtstrahlen nur durch eine einzige kleine Oeffnung dringen können, von der sie divergirend auf einer gegenüberstehenden Wand sich ausbreiten, und auf dieser eine mit den natürlichen Farben ver-

¹ Siehe über WOLLASTON's Camera lucida Gilberts Ann. Bd. 34. pag. 353. und LÜDKLE's Aufsatz. ibid. Bd. 42. pag. 338. Eine vollständige Uebersetzung von AMICI's Schrift in den Annal. de Chim. Tom. XXII. pag. 187.

sehene, jedoch verkehrt stehende, Abbildung der Gegenstände hervorbringen, wird im Allgemeinen mit diesem Namen belegt.

Es sey $M M$ der eingeschlossene Raum, i ein durch ein Fig. 13.
Blech gebohrtes Loch in der Vorderwand, so klein, daß es
nur wenige, gleichsam nur einen Strahl, von dem äußern Ge-
genstände $A C B$ durchgehen läßt. Auf diese Weise erhält je-
der von $A C B$ ausgehende Strahl auf der Wand in $b c a$ seine
bestimmte Stelle, die ihm von keinem andern streitig gemacht
werden kann. Diese Strahlen reihen sich demnach auf der
Wand in eben der Ordnung an einander an, wie sie am Object
selbst liegen; und erzeugen dadurch ein getreues Bild desselben,
das jedoch, weil sie in der Oeffnung i sich durchkreuzen, ver-
kehrt ist. Die Gröfse des Bildes richtet sich nach der Aus-
breitung des optischen Winkels, unter welchem das Object in
 i gesehen wird, auf der gegenüberstehenden Wand, mithin nach
der Entfernung dieser Wand von der Oeffnung i . Die Deut-
lichkeit desselben hängt von der Kleinheit der Oeffnung ab, die
so enge seyn muß, daß nicht zwei verschiedene Strahlen pa-
rallel neben einander durchgehen können; diese Letztere ist da-
gegen der Sichtbarkeit des Bildes hinderlich, in so ferne nicht
das Object außerordentlich hell ist. Wird die Oeffnung grö-
ßer, so nimmt die Erleuchtung des Bildes, aber auch zugleich
seine Undeutlichkeit zu, bis endlich der Zufluß mannichfacher
Lichtstrahlen von allen Stellen des Objects jede bestimmte Ge-
stalt verschwinden macht, und nur die eigenthümliche Farbe
der Wand dem Auge sich darbietet.

Dem Mangel des Lichts, der von der Kleinheit der Oeff-
nung entsteht, kann man ohne Verlust der Deutlichkeit da-
durch abhelfen, das man dieselbe auf 2 bis 3 Zolle erweitert,
und ein convexes Glas einsetzt, dessen Brennweite der Entfer-
nung der Wand von i gleich ist. Dieses hat die Eigenschaft,
alle Strahlen, die von einem Puncte des Gegenstandes auf seine
ganze Fläche fallen, zu vereinigen, und sie auf eine bestimmte
Stelle der Wand zu werfen. So bildet dieses Glas von jedem
bemerkbaren Theile des Objects einen besondern Brennpunct
auf der Wand, und die Summen aller dieser neben einander lie-
genden Puncte bietet dem Auge eine vollkommene deutliche,
hinreichend erhellte, mit frischen Farben prangende Abbildung

dar, die jedoch wegen der oben bemerkten Durchkreuzung der Lichtstrahlen in *i* ebenfalls verkehrt erscheint.

Diese unterhaltende der Malerei dienliche, und durch ihre spätere Anwendung auf die Theorie des Sehens auch der Physik nützliche Vorrichtung ward um die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts von dem Neapolitaner JOHANN BAPTIST PORTA erfunden, einem Gelehrten, der sich durch gründliche Forschungen in den Naturwissenschaften, so gut es damals möglich war, so wie durch Verbreitung nützlicher Kenntnisse große Verdienste erwarb. In seiner *magia naturalis*, Neap. 1558. fol. erklärt er das Eigenthümliche beider Arten der Camera obscura, und ihren Nutzen zur Abbildung natürlicher Gegenstände; ja er versuchte es sogar mit kleinen gemalten Bildern, die er in umgekehrter Stellung, stark von der Sonne beleuchtet, vor das Glas brachte und vergrößert und aufrecht an der innern Wand des verfinsterten Zimmers erscheinen liefs. Da er ihnen einige Bewegung geben konnte, so stellte er auf diese Art Jagden, Schlachten u. dergl. vor, was in jener Zeit übernatürlich schien. Dieser leitete, später den Pater KIRCHER auf die Erfindung der Zauberlaterne, durch welche sich das Nämliche mittelst künstlicher Beleuchtung bei Nacht eben so bequem darstellen läfst, und die noch jetzt ein Hauptinstrument in der sogenannten beleustigenden Physik ausmacht.

Die Darstellungen der *Camera obscura* zeichnen sich durch die Schönheit und Harmonie der Farben, durch die Zartheit ihrer Umrisse, und eine gewisse, von der Unvollkommenheit der Gläser und Spiegel herrührende, Weichheit des Bildes aus, die weder die Camera lucida, noch der Malerspiegel (ein am Rücken geschwärztes planconvexes Glas) zu geben vermögen. Sodann trägt das Bewegliche der Figuren ungemein viel zu ihrer Annehmlichkeit bei, so daß, wer die Aussicht auf einen belebten, von der Sonne beschienenen Platz hat, es nicht bereuen darf, ein Zimmer für diesen Zweck einigermaßen einzurichten. Es bedarf dazu weiter nichts, als eine hinlängliche Verdunkelung desselben durch äussere Fensterladen, oder inwendig eingepafste Fensterrahmen von Carton, ein Objectiv von etwa 5 Fuß Brennweite, und eine mit weißem Papier beklebte Tafel, die im Brennpunct des Objectivs hingestellt wird. Die Umkehrung des Bildes wird am besten durch ein rechtwinkliches

gläsernes Prisma A B C bewirkt, in welchem die Strahlen an Fig. der Hypotenusenfläche A B reflectirt werden. Da solche¹⁴ Prismen, wegen der Schwierigkeit, große streifenfreie Glasmassen zu erhalten, nicht leicht in erforderlicher Größe zu finden sind, so dürfte es nicht unzweckmäßig seyn, hier zu bemerken, daß das untere Drittel des Prisma D E C weniger wichtig ist, weil die parallel mit der Basis einfallenden Strahlen dieselbe nicht mehr erreichen können. Größere Prismen könnte man aus Tafeln von gutem Spiegelglase zusammensetzen, und mit Wasser oder Weingeist füllen.

Die nämliche Umkehrung des Bildes durch ein Prisma läßt sich auch für eine kleinere Einrichtung ähnlicher Art benutzen, wobei das Zimmer nicht sehr finster zu seyn braucht. In einer wohlgelegenen, etwas dunkeln Ecke desselben wird die Mauer schräg durchbrochen, und auf der äußern Seite A A ein Ob-^{Fig.}jectiv eingesetzt, dessen Brennweite ungefähr der Mauerdicke¹⁵ gleich ist. An der innern Seite der Wand J hängt ein gewöhnlicher Bilderrahmen m m mit einem mattgeschliffenen Glase, auf welchem die äußern Gegenstände sich abbilden; ein Prisma P von mäßiger Größe dient zur Aufrechtstellung dieses beweglichen Gemäldes.

Beide Arten der Entwerfung des Bildes, auf einem Papier oder auf der mattgeschliffenen Glastafel, werden auch da angewandt, wo die *Camera obscura* kein Zimmer, sondern ein Kasten ist, in welchen der Beobachter hineinsieht. Das Bild wird hier nicht auf eine verticale, sondern auf eine horizontale Ebene geworfen; daher die Umkehrung desselben durch einen um 45° geneigten Planspiegel ohne Mühe bewerkstelligt wird. Der Spiegel kann bei diesem Reflexionswinkel von Glas seyn, nur müssen seine Flächen gut bearbeitet seyn, und nicht die Längenfurchen der meisten Glasspiegel haben. Man kann sich von seiner Tauglichkeit durch den directen Versuch, oder vorher auch dadurch überzeugen, wenn man mit einem mäßig vergrößernden Fernrohr reflectirte Gegenstände in demselben betrachtet. Werden diese nicht undeutlich, so ist der Spiegel gewiß gut. Man verfertigt auch rechtwinklichte Glasprismen, an denen die eine Kathetenfläche nach der erforderlichen Brennweite convex geschliffen ist; die horizontalen Strahlen werden

Fig. alsdann auf der schrägen Fläche nach unten reflectirt, wie aus
16. der Zeichnung zu ersehen ist.

Diejenige Einrichtung, in welcher das Bild auf einem halbdurchsichtigen, mattgeschliffenen Glase oder einem geölten Papier erscheint, ist gewöhnlich von kleinerem Format, als die
Fig. andere, die ungleich schönere Bilder liefert. Bei der Erstern
17. wird das Bild aufwärts, bei der Letztern niederwärts reflectirt.

Fig. 18. Die Ausschließung alles fremden Lichtes ist bei jener nicht so wesentlich; es genügt, durch die am Deckel angebrachten Kreissectoren das Seitenlicht abzuhalten. Das Gehäuse der letztern Art ist entweder von dünnen Brettern B B B, die in Charnieren beweglich sich zusammenklappen lassen, so daß das Ganze eine Schachtel A A von mäßiger Gröfse ausmacht; oder es besteht aus zusammengefügt Stäben, die mit einem dichten, überall anschließenden Mantel umgeben werden. Das obere Kästchen, welches das Objectiv und den Spiegel enthält, läßt sich vermittelst eines Getriebes t, das in eine gezähnte Stange eingreift, nach Bedürfnis auf- und niederschieben. Der Spiegel s s wird durch den Knopf d in die erforderliche Neigung gebracht. Da es, zumal im Sonnenscheine, beschwerlich ist, in einem solchen eingeschlossenen Raume lange zu verweilen, so thut man besser, in die auf der Seite des Beobachters befindliche Wand ein ovales Loch einzuschneiden, in welches man nur einen Theil des Kopfes hineinhält, und nach Belieben wieder zurückziehen kann. Ein unterhalb hineingehender Aermel verschafft der Hand des Zeichners den Zutritt. Bei dieser Einrichtung kann dann auch das von unten eindringende, am meisten schädliche Licht ausgeschlossen werden, was bei dem über den Beobachter hängenden Mantel schwieriger ist. Die Brennweite des Objectivs variirt zwischen 20 und 30 Zollen. Nach WOLLASTONS Rathe soll dasselbe periskopisch, d. h. ein Meniskus seyn, dessen concave Seite dem Object zugekehrt ist, und von welchem die Radien der Krümmungsflächen, zu Folge der Erfahrungen von CAUCHOIX, wie 5 zu 8 sich verhalten sollen. Wegen der vollkommenern Gestalt und der größern Oeffnung möchten auch achromatische Objective (z. B. von Kometensuchern) schöne und helle Bilder geben.

Vor Erfindung der Camera lucida war die Camera obscura eine sehr nützliche Hülfe zur schnellen und richtigen

Zeichnung einer Landschaft oder anderer Gegenstände. Sie ist es noch in den, auch nicht seltenen Fällen, wo man die Entwerfung gröfser haben will, als das neue Instrument sie liefert. Ihr wichtigster Nutzen aber für den Künstler besteht darin, daß sie ihm die schönsten Vorbilder für das Colorit seiner Landschaft liefert.

Die *Camera clara* ist von dem unter Fig. 17. beschriebenen Apparat dadurch verschieden, daß man statt des mattgeschliffenen Planglases eine grofse Glaslinse von nicht gar langer Brennweite anbringt, auf welcher das Bild sich mit scharfen Umrissen und lebhafter Färbung zeigt. Man erhält hierdurch eigentlich ein astronomisches Fernrohr aus zwei Convex-Gläsern, dessen Axe in der Mitte durch den schräg liegenden Spiegel gebrochen ist, und der Beobachter sieht alsdann nicht die Entwerfung des Bildes, sondern das Bild selbst. Das Auge steht hiebei in einiger Entfernung vor der Linse, und muß durch Seitenwände gegen allzustarkes äufseres Licht geschützt werden. Ein gewisser STORER in England bringt noch über der Glaslinse die mattgeschliffene Glastafel an, auf welcher das Bild sich schärfer als bei der Camera obscura zeigen soll. H.

Capillarität.

Capillar-Anziehung, Capillar-Attraction, Haarröhrchen-Anziehung; *Attractio capillaris*, Capillarité, Attraction capillaire; *capillary attraction* or *attraction of capillary tubes*. Dieser entgegengesetzt ist die Capillar-Depression, Haarröhrchen-Abstoßung; *Depressio capillaris*; Depression capillaire; *capillary depression*. Unter jener versteht man die Erscheinung, daß Flüssigkeiten in engen Röhren, welche von ihnen benetzt werden, über ihr Niveau aufsteigen, unter dieser, daß sie unter dasselbe hinabsinken, wenn sie die Oberfläche des Haarröhrchens nicht benetzen.

Die Erscheinung selbst ist so oft und so allgemein vorkommend, daß sie schon in den ältesten Zeiten beobachtet werden mußte, und als den Gesetzen der Natur zuwider von den Physikern sehr aufmerksam in nähere Betrachtung gezogen wurde. Zuerst soll FRANCISCUS AGGIUNTI, Leibarzt des Großherzogs von

Toscana, einer der Gründer der Academia del Cimento (starb 1636) auf das Phänomen aufmerksam gemacht haben.¹ Der Jesuit HONORATUS FABRY² und aus ihm ION. CHRISTOPH STURM³ erwähnt in der Hauptsache, daß Wasser in gläsernen Röhren nicht ohne Einfluß ihrer Länge zu einer dem Durchmesser umgekehrt proportionalen Höhe steige, und erklärt dieses aus dem im Innern der Röhre geringern Luftdrucke. Die Neuheit der nicht lange vorher erfundenen Luftpumpe und das Bestreben, die Erscheinung der Capillarität denjenigen anzureihen, welche jenes interessante Werkzeug darbot, richtete die Aufmerksamkeit mehrerer Gelehrten auf dieselbe, so daß sich unter andern ROHAULT⁴, BOYLE⁵, SINCLAIR⁶, MAIRAN⁷ und LEEUWENHOEK⁸ ernstlich damit beschäftigten, unter denen SINCLAIR auffand, daß das Röhrchen benetzt seyn müsse, um die Wirkung hervorzubringen. Indem aber ISAAC VOSSIUS⁹ das Entgegengesetzte, nämlich Depression beim Quecksilber in gläsernen Röhren wahrnahm, so glaubte er, das Wasser hänge vermöge seiner Zähigkeit an den Wänden des Glases. Künstlicher ist die Erklärung des BORELLUS¹⁰, wonach das Wasser am unteren Theile der Röhre eine Art von Netz bilden und durch die Wirkung biegsamer Hebel in derselben aufsteigen soll. Nach LAC. BERNOULLI¹¹ passen die Luftkügelchen nicht genau in die engen Oeffnungen der Röhren, werden daher durch den Gegendruck gegen ihre Wände getragen, und dann treibt der stärkere Luftdruck von Außen sie in die Höhe. Zu diesem Luftdrucke nahm auch ROB. HOOKE¹² seine Zuflucht, und man darf diese Ansicht

1 LA LANDE Diss. sur la cause de l'élevation des liqueurs dans les tubes capillaires. à Par. 1770.

2 Scient. phys. Tract. V. L. II. Digress. 1.

3 Collegium experimentale sive curiosum. Norimb. 1676. 4. T. 1. tent. 8. p. 44.

4 Traité de Physique. Par. 1673. 1. cap. 22. §. 88.

5 Exper. phys. mech. exper. 9. p. 93. Phil. Trans. XI. 775.

6 Tractatus de gravitate. p. 161.

7 Mém. de l'Ac. 1722.

8 Continuat. Arcan. Nat. epist. 131.

9 De Nili et alior. fluminum origine. Hag. Com. 1666. cap. 2.

10 De mot. natural. a gravitate pendentibus. L. B. 1686. prop. 182 ff.

11 De gravit. aetheris. p. 289.

12 Micrographia. Obs. VII. CORN. CORES's hydrostat. cet. Lectures. Lect. XI.

für die allgemein geltende halten, bis NEWTON¹, BOYLE² und HAWKSBE³ die wichtigsten dahin gehörigen Erscheinungen sowohl beim gewöhnlichen Luftdrucke als auch unter der Campana der Luftpumpe beobachteten, LUD. CARRE⁴ aber nebst GZOFFROY aus ihren zahlreichen Versuchen fanden, daß die Erscheinung wegfiel, wenn die innere Wand der Röhre mit einer noch so dünnen Lage Fett bestrichen war, wonach sie also durch das Anhängen der Wassertheilchen an der Oberfläche des Glases erzeugt werden mußte. Sie irrten indess darin, daß sie glaubten, die das Glas berührenden Wassertheilchen verlören ihr Gewicht ganz, und es müsse daher eine diesen gleiche Menge im Haarröhrchen aufsteigen, indem hiernach die Höhe des angehobenen Wassercylinders dem eingetauchten Theile der Röhre direct proportional seyn müßte. JURIN⁵ wiederholte die früheren Versuche mit ungleich weiten Röhren sowohl unter dem gewöhnlichen Luftdrucke als auch im Guerickschen Vacuo, und erklärte das Aufsteigen des Wassers, wie HAWKSBE³, aus der Anziehung des Glases, welche dem die innere Wand berührenden Wasser die Schwere nähme. Dieser Ansicht trat auch BÜLFINGER⁶ bei, mit dem Zusatze, daß jedes Haarröhrchen gerade so viel Wasser anzuheben vermöge, als der größte Tropfen ausmacht, welcher unten an demselben, ohne herabzufallen, hängen bleibe. HAMILTON⁷ schrieb die Erscheinung einer Anziehung des untern Randes der Röhre gegen das Wasser zu und führte als Beweis hierfür an, daß der Wassercylinder in einer horizontalen Röhre sich nach jeder Seite bewege, wohin man die Röhre neige, und blos dann hängen bleibe, wenn er den einen untern Rand berühre. Gegen dieses leicht zu widerlegende Argument hat sich PARKINSON⁸ weitläufig erklärt.

1 Optice. qu. XXXI. p. 817 ed. Clarke.

2 Cont. prima Exper. ad Exper. 27. p. 63. Cont. secund. Exper. ad exper. 9. p. 93.

3 Phil. Trans. XXV. 2223, XXVI. 258.

4 Mém. de Par. 1705. p. 245.

5 Phil. Trans. XXX. N. 355. 363. 759. 1083. Abridg. IV. 423. Com. Pet. III. 281.

6 Com. Pet. II. 233. III. 81.

7 Lectures cet. II. 47.

8 System of Mechanics and Hydrot. ch. v.

Bei weitem die meisten und vielfachst abgeänderten Versuche hat MUSSCHENBROEK¹ angestellt, und glaubt in Folge derselben die Ursache der Erscheinung in eine Anziehung des Glases der ganzen Röhre mit Einfluß seiner Dicke setzen zu müssen. WEITBRECHT² folgerete aus seinen genauen Versuchen sehr richtig, daß sowohl die Anziehung des Glases gegen die Wassertheilchen, als auch dieser letzteren unter einander berücksichtigt werden müsse. Eben so richtig folgert GELLERT³, daß geschmolzenes Blei in gläsernen und irdenen Haarröhrchen niedriger stehen müsse, als sein äußeres Niveau, weil seinen Theilchen eine stärkere Anziehung gegen einander, als gegen die genannten Substanzen zukomme; und so müßten also die Depressionen bei cylindrischen Röhren im umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser, bei prismatischen aber im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln aus den Grundflächen stehen⁴.

Am bekanntesten und am meisten geachtet waren bis auf die neueren Zeiten die Untersuchungen von MUSSCHENBROEK⁵ und von DE LA LANDE⁶ über dieses Problem. Letzterer leitete die Erscheinung der Capillarattraction von der Anziehung des Wassers durch die inneren Wände der Glasröhre ab, wodurch der in Berührung befindliche Theil leichter werden, und so in die Höhe steigen müsse, bis das Gewicht der gehobenen Säule der Stärke der Anziehung gleich sey. Es muß aber nach dieser Ansicht auch die Länge des eingetauchten Theiles einen Einfluß auf die Höhe des Wassercylinders haben, ein Irrthum, auf welchen schon CAARRÉ durch theoretische Gründe geführt war. Später wollte v. ANNUM⁷ aus einer Reihe von Versuchen gefunden haben, daß die Länge des nicht eingetauchten Theiles der Röhre die

1 Dissert. Phys. exper. de tubis capill. et attractione specular. plan. vitreor. olim L. B. editae, nunc Viennae. 1753. 4.

2 Com. Pet. VIII. 261. IX. 275.

3 Ebend. XII. 293.

4 Vergl. FURCH Diss. de ascensu fluidorum in tubis capill. Comment. I et II. Lips. 1773. 4. du TOUR in Rozier's J. 1778. fevr.

5 Introd. I. 368. §. 1045.

6 Dissert. sur la cause de l'élevat. des liqueurs dans les tubes cap. à Paris 1770. 12. Auch im Journ. des Sav. 1768. Nov. und in Tablettes des Scienses. I, 78.

7 G. IV. 875.

ihrer Anziehung gegen das Wasser vermehre, welche Aussage HÄLLSTRÖM¹ genügend widerlegt, nicht gerechnet, da gegen die Resultate aller früheren Physiker streitet.

Ueber die eigentliche Ursache der Erscheinungen, welche *Capillarität* gerechnet werden, kann gegenwärtig kein mehr seyn. Es geht nämlich aus allen Versuchen unverweifelbar hervor, daß dieselbe in der Adhäsion der Flüssigkeit an festen Körpern und ihrer einzelnen Theilchen unter einzeln zu suchen sey, so daß also diese Erscheinungen zur Erklärung der wägbaren Materie im Allgemeinen und zu einigen besondern Modification derselben gehören, welche dem Namen *Adhäsion*² bezeichnet wird. Es werden so die Theilchen der Flüssigkeit die Erscheinungen der *Capillarität* zeigen, je nachdem die Adhäsion derselben zu einander oder zu der Oberfläche des berührenden Körpers überwiegend ist. Eine Flächenanziehung oder eine Anziehung in der Berührung hat man aber deswegen hierbei anzunehmen, weil die *Capillarattraction* sogleich in *Capillardepression* übergeht, wenn die Wände des eingetauchten Körpers mit der dünnsten Lage der Substanz überzogen werden, welcher die Flüssigkeit nur adhärirt, oder welche durch dieselbe nicht benetzt wird.

Capillardepression des Quecksilbers in Glasröhren ist nichts als das Gegentheil der *Capillarattraction*, und es ist nöthig, ihre Erklärung mit GREN³ in einer größeren Schwierigkeit der Trennung der Theilchen des Metalles zu suchen, anders unter dieser nicht die verhältnißmäßig größere Cohäsion dieser Theilchen gegen einander als gegen die Wände verstanden wird.

Eine vortreffliche analytische Darstellung der Gesetze der *Capillarität* hat früher CLAIRAUT⁴ gegeben, vollständig aber und unter der größten Gewandtheit im scharfen analytischen

G. XIV. 425. Vergl. XXVI. 479.

² *Adhäsion*.

Grundrifs d. Naturl. p. 109.

De la figure de la Terre. Par. 1743 2^{me} ed. von Poisson. Par.

Calcüle ist dieselbe dargestellt durch DE LA PLACE¹, welche wiederum in leichtere Uebersicht nach ihrem wesentlichsten Inhalte mitgetheilt ist durch den Verfasser selbst² und durch Biot³, ausführlich übersetzt aber und mit Anmerkungen begleitet durch W. BRANDES⁴; eine leichte, in den Grenzen der elementaren Geometrie gehaltene Uebersicht derselben aber haben PESUTI⁵ und KRIES⁶ gegeben. Es ist rathsam, sich hauptsächlich hieran zu halten, weil die ausführlichen Abhandlungen weitläufig und mitunter dunkel, oder mindestens höchst schwierig zu verstehen sind; obgleich die Richtigkeit der Sache selbst bei genauerer Prüfung nicht bezweifelt werden kann⁷.

LA PLACE nimmt zuerst mit HAWKSBEE und andern an, daß die Haarröhrchenwirkung auf einer *Anziehung in unmeßbare Fernen* beruhe, und daher bloß die Oberfläche des Glases dabei thätig sey, wie außer dem schon erwähnten Argumente auch noch daraus hervorgeht, daß die Capillardepression im Barometer wegfällt, und sogar in Attraction verwandelt werden kann, wenn durch anhaltendes Kochen alle Luft und Feuchtigkeit entfernt ist, so daß also eine äußerst dünne Wasserschicht oder Luftschicht zwischen dem Quecksilber und dem Glase das Verhalten beider gegen einander zu modificiren vermag. Mit Unrecht nahm daher CLAIRAUT an, daß die Kraft der Anziehung sich vom Rande des Glases bis in die Axe des Röhrchens erstrecke, indem vielmehr durch die anziehende Kraft der Röhrchenwand nur eine dünne Wasserschicht gehoben wird, diese aber die ihr zunächstliegende hebt, diese wieder eine folgende u. s. w. bis das Gewicht der angehobenen Säule des Flüssigen den hebenden Kräften das Gleichgewicht hält. Die meiste Schwierigkeit des Verstehens der LA PLACESchen Theorie scheint bei

¹ Théorie de l'action capillaire par Mr. LA PLACE. Par. 1806. 62 S. 4. Supplément à la Théorie de l'action capillaire par Mr. LA PLACE. ib. 1807. 78 S. 4.

² J. de P. LXII. 120 u. 47. LXIII. 474. LXV. 88.

³ Bibl. Brit. 1806. Oct. G. XXV. 233. XXXIII. 117. Traité. I. 437.

⁴ G. XXXIII. 1 bis 115. 117 bis 183. 273 bis 336. 867 bis 873.

⁵ Atti della Soc. Ital. T. XIV.

⁶ Gehlen J. IX. 104.

⁷ Vergl. vorzüglich die Darstellung der Capillartheorie durch Biot in Traité. I. 437 ff.

die Behauptung dieses Geometers gemacht zu haben, daß Krümmung der Oberfläche des Flüssigen die Capillarität be-
Es läßt sich inbezug dieser Satz auf folgende Weise leicht machen:

Setzt man nämlich von dem Grundsatz aus, daß jedes Theilchen einer Flüssigkeit nicht bloß der Schwere sondern zugleich auch eine Anziehung gegen jedes berüh-
Theilchen ausübt und von demselben erleidet, so ist klar, das Theilchen dicht unter der gekrümmten Oberfläche mehrere Theilchen in derselben wirken kann, als in der
Es sey zu diesem Ende A B eine Glasröhre, in wel- Fig.
Flüssigkeit die gekrümmte Oberfläche q r bildet; a sey 19.
Theilchen derselben unter dieser Oberfläche; b aber in der
so wird a seine herabziehende Wirkung auf mehrere
Theilchen der Flüssigkeit in der gekrümmten Fläche
haben, als in der geraden m n, und da dieses nämlich
andere Theilchen paßt, so wird dadurch die Summe
abziehenden Kräfte zunehmen müssen. Die Curve, wel-
gekrümmte Oberfläche in einer sie schneidenden Ebene
ist zwar verschieden, und hängt von der Beschaffenheit
Flüssigkeit und dem Durchmesser der Röhre ab, allein man
vorläufig immerhin als einen Kreis, und somit die ge-
Oberfläche als ein Kugelsegment betrachten. Indem
der Unterschied der Kugelfläche und der ebenen so
kleiner wird, je kleiner der Halbmesser der Kugel ist,
abziehenden Kräfte aber um so stärker wirken, je grös-
ser Unterschied ist, so wird bei einerlei Flüssig-
Stärke der herabziehenden Kräfte dem Halbmesser der
umgekehrt proportional seyn, von welcher die obere
ein Segment bildet. Es lehrt aber schon der Augen-
daß wenn in der Röhre A B die enthaltene Flüssigkeit Fig.
concave Oberfläche q p bildet, welche von der geraden m 20.
Art wird, das Gegentheil statt finden müsse, indem die
gekrümmten Fläche liegenden Theile früher und weiter
Anziehungssphäre von a rücken, mithin weniger herab-
werden. Hiernach muß aber eine Flüssigkeit, welche
die Beschaffenheit der inneren Fläche der Röhre dispo-
nirt, eine concave Oberfläche zu bilden, in derselben
stehen als außerhalb, und im entgegengesetzten Falle

tiefer herabgedrückt werden, und da die heraufwärts oder herabwärts ziehenden Kräfte den Halbmesser den Krümmungen umgekehrt proportional sind, so werden auch die Erhöhungen oder Vertiefungen der in ein Haarröhrchen eingeschlossene Flüssigkeiten über oder unter das Niveau der umgebenden Flüssigkeit diesen Halbmessern proportional seyn.

Man kann auf diesem Wege leicht zu einem geometrischen Beweise des durch zahlreiche ältere Erfahrungen schon aufgefundenen Hauptsatzes der Capillarität gelaugen, *dass nämlich die Höhen, bis zu welchen gleichartige Flüssigkeiten über das äussere Niveau aufsteigen, den Durchmessern der Röhren umgekehrt proportional sind.* Zu diesem Ende seyen A B und a b die Durchschnitte zweier ungleich weiten Röhren, m r n und p s q der gekrümmten Oberfläche, welche eine gleichartige Flüssigkeit bildet, deren Neigungen gegen die inneren Flächen der Röhren daher gleich sind. Werden nun diese Neigungen durch die Tangenten m h und p t ausgedrückt, und bezeichnen O und o die Mittelpunkte der Kreise, zu welchen die Bogen gehören, so ist m h auf O m und p t auf o p normal, und $A m h = a p t$. Weil aber die Seiten jeder der Röhren als parallel angenommen werden, so sind m n und p q auf dieselben normal. Diesemnach ist

$$A m n = O m h \text{ und } a p q = o p t$$

$$A m h + h m n = h m n + O m n$$

$$a p t + t p q = t p q + o p q$$

$$\text{also } A m h = O m n \text{ und } a p t = o p q$$

$$\text{und da } A m h = a p t, \text{ so ist } O m n = o p q.$$

Es sind aber die Dreiecke gleichschenkelig und einer der Winkel an der Grundlinie ist dem andern gleich, also sind alle Winkel gleich, und $O = o$, folglich sind die Bogen einander ähnlich, und verhalten sich wie die Halbmesser O m und o p der Kugelabschnitte, welche die Flüssigkeiten in den Röhren bilden. Eben so verhalten sich aber auch die Chorden m n und p q, welche als die Durchmesser der Röhren anzusehen sind, und es verhält sich also der Stand einer gleichartigen Flüssigkeit in zwei Haarröhrchen über oder unter dem Niveau ausserhalb umgekehrt wie der Durchmesser der Röhren.

Noch auf eine andere Art lässt sich die Capillarität als das Resultat aller auf ein gegebenes Theilchen einer Flüssigkeit wir-

lender anziehender Kräfte auf folgende Weise darstellen. Denkt man sich in das mit Wasser gefüllte Gefäß A B C D das Haarröhrchen T H eingetaucht, und die Wassersäule durch T H T' 23. T'' H' fortgesetzt, so müßten nach den bloßen Gesetzen der Schwere S und H' im Gleichgewichte seyn. Nimmt man zuerst die Wasserader H T als Verlängerung der im Haarröhrchen gehobenen, so werden die Wassertheilchen derselben *herabgezogen* zuerst durch sich selbst und zweitens durch die sie umgebenden. Beide Anziehungen werden durch die gleichen Wirkungen gegen H' T'' aufgehoben. Es wird aber die Wasserader H T *aufwärts gezogen* durch die Wassertheilchen in H T, welche Wirkung aber durch die gleiche herabziehende der Wasserader H T' aufgehoben wird. Endlich wird H T' aber *aufwärts gezogen* durch die inneren Seitenwände des Haarröhrchens H T mit einer Kraft, welche Q heißen möge.

Die Wasserader im Haarröhrchen H T wird *angezogen* zuerst durch ihre Theilchen unter einander, welche Anziehung aber, als sich wechselseitig aufhebend, keine Bewegung hervorbringen kann; zweitens durch die Wasserader in H T' *herabwärts*, eine Wirkung, welche durch eine gleiche und entgegengesetzte Anziehung *aufwärts* aufgehoben wird; drittens durch die H T' umgebenden Wassertheilchen *herabwärts* mit einer Kraft, welche der oben mit Q bezeichneten entgegenwirkt, und — Q' heißen möge. Die beiden entgegengesetzten Anziehungen Q und — Q' würden einander aufheben, wenn die Substanz des Glases und des Wassers gleich wären. Viertens wird die Wasserader H T *aufwärts* gezogen durch die innere Fläche der Glasröhre, und wenn man diese gleichfalls wieder = Q setzt, so ist die Summe der aufwärts und herabwärts zielenden Kräfte = $2 Q - Q'$, welche mit dem Gewichte der Wassersäule T H ins Gleichgewicht kommen muß. Heißt das Volumen der letzteren V, die Dichtigkeit D, die dieselbe herabziehende Schwere g, so ist

$$V D g = 2 Q - Q'$$

und es kommt auf das Verhältniß der anziehenden Kräfte an, ob $V D g - (2 Q - Q')$ positiv, negativ oder = 0 ist. Indem ferner die anziehenden Kräfte nur in geringe Fernen wirken, so kann man den inneren Umfang der Röhre C und die ihr eigenthümliche Kraft der Anziehung ϕ nennen, wodurch $Q =$

$C \rho$ und durch eine gleiche Voraussetzung $Q' = C \rho'$ wird, so daß also $V D g = (2 \rho - \rho') C$ wird.

Fig. 24. Es sey ferner der innere Halbmesser eines Haarröhrchens $= r$, die Höhe der angehobenen Säule HS von Niveau NN an bis zum tiefsten Punkte der Krümmung S aber sey $= h$, und π das Verhältniß des Kreises zum Durchmesser; so ist der Umfang der angehobenen Wassersäule oder $C = 2 r \pi$, ihre Grundfläche $= r^2 \pi$, und ihr Inhalt $= r^2 \pi h$. Nimmt man hiezu den Inhalt des Meniskus über S , so ist dieser gleich einem Cylinder von der Grundfläche $r^2 \pi$ und der Höhe r , weniger der Halbkugel vom Halbmesser r , also im Ganzen $\pi r^3 - \frac{2\pi r^3}{3} = \frac{\pi r^3}{3}$, und wenn beide Gröfsen addirt werden, die Summe für V substituirt, und der für C gefundene Ausdruck gleichfalls aufgenommen wird; so erhält man

$$g D \left(\pi r^2 h + \frac{\pi r^3}{3} \right) = (2 \rho - \rho') 2 \pi r.$$

und auf beiden Seiten mit πr dividirt

$$r \left(h + \frac{r}{3} \right) = 2 \frac{(2 \rho - \rho')}{g D}.$$

Für gleichartige Flüssigkeiten bleiben die Werthe von ρ , ρ' und D unverändert, g aber ist an sich eine beständige Gröfse. Werden diese sämtlich also durch A ausgedrückt, so ist für gleichartige Flüssigkeiten und Haarröhrchen von gleicher Substanz

$$r \left(h + \frac{r}{3} \right) = A, \text{ also } h + \frac{r}{3} = \frac{A}{r},$$

und da r auf allen Fall gegen h sehr klein ist, und also $\frac{r}{3}$

vernachlässigt werden kann; so ist $h = \frac{A}{r}$ oder es ist die Hö-

he dem Halbmesser der Haarröhrchen umgekehrt proportional.

Man kann zu diesem Hauptsatze der Capillartheorie endlich auch auf folgende noch einfachere Weise gelangen. Bei gleichen Flüssigkeiten ist die Höhe der angehobenen Säule der Gröfse der anziehenden Fläche, mithin dem Halbmesser der Röhre direct, das Gewicht derselben aber, womit sie dieser anziehenden Kraft entgegen zu fallen strebt, ihrer Dicke, folglich dem Quadrate des Halbmessers proportional, und da beide

te einander entgegen wirken, so verhalten sich die Höhen gehobenen Wassersäulen bei Röhren von den Durchmessern

$$r \text{ und } r' \text{ wie } \frac{r}{r^2} : \frac{r'}{r'^2} = \frac{1}{r} : \frac{1}{r'} = r' : r.$$

ndlich die Röhre nicht lothrecht, sondern in einem Winkel gegen den Horizont geneigt, so ist

$$r \left(h + \frac{r}{g} \right) \sin v = 2 \frac{(2 \rho - \rho')}{g D}.$$

gleich das Bestreben der Flüssigkeit, der Einwirkung der re zu folgen und herabzufallen, der Capillarattraction ent- ist, so sind doch die Höhen, bis zu welchen die verschiede- lüssigkeiten in gleich weiten Röhren gehoben werden, den Gewichten derselben nicht umgekehrt proportional, wie mptsächlich bei Weingeist und Wasser wahrnimmt. Er- steht nämlich niedriger als letzteres, weil seine Anzie- am Glase geringer ist, wie auch in der Formel ausgedrückt

Ein interessanter Versuch von LA PLACE beweiset sehr evi- , daß Cappillarattraction und Depression dem nämlichen meinen Gesetze zugehören. Ist nämlich bei einer heberför- gebogenen Röhre mit ungleich weiten Schenkeln der wei- länger als der engere, und bringt man nach gehöriger Be- ung der inneren Wände Weingeist in dieselbe, so wird die- m engeren Schenkel höher stehen. Gießt man so lange hol in einzelnen Tropfen nach, bis derselbe im kürzeren skel das Ende erreicht, so wird er, wie früher, in die- ine concave Oberfläche bilden. Beim weiteren Zugießen diese eben werden, und dann der Alkohol in beiden Schen- nhe gleich hoch stehen; dann aber wird die Fläche bei letztem Zutropfeln convex werden, der Alkohol aber im n so viel höher stehen, als er vorher niedriger stand. Interessant ist folgender Versuch: Taucht man ein he- niges Haarröhrchen A B ins Wasser, so daß der kürzere Fig. tel A unter das Niveau desselben kommt; so steigt 25-asser im längeren Schenkel um die Gröfse F G über das l. Zieht man dasselbe wieder heraus, so bildet sich an nung des kürzeren Schenkels ein Tropfen A N O, und ber der Horizontalen N I' stehende Wassersäule I' C ist

höher als F G. Nimmt man das Tröpfchen weg, bis das Niveau eben ist, so wird die Säule $IC = FG$. Der Unterschied von F G und I' C entspricht aber genau der Convexität des Tröpfchens A N O. Taucht man ein Haarröhrchen in Wasser oder in eine andere, Capillaranziehung äussernde Flüssigkeit, verschließt es mit dem Finger und hebt es aus dem Wasser, so wird ein Theil der Flüssigkeit auslaufen, unten ein Tropfen gebildet werden, und die im Röhrchen angehobene Säule länger seyn, als wenn die untere Fläche der Röhre die Flüssigkeit im Gefäße berührt¹. Verlängert sich der Tropfen, so verkürzt sich die Säule, und verlängert sich wieder, wenn ein Theil des Tropfens herabgefallen oder weggenommen ist; wird dagegen wieder kürzer, wenn der Tropfen kleiner als eine Halbkugel geworden ist². Der Versuch dient sehr zur Bestätigung der LA PLACE-
 26 Fig. schen Theorie. Ist nämlich A B das Niveau des Wassers im Gefäße, so werden die einander entgegengesetzten Anziehungen der über und unter $\alpha \beta$ befindlichen Theile einander aufheben. Der Tropfen selbst wird gebildet durch die Anziehung der unteren Röhrenfläche A' B'. Erlangt derselbe das Maximum seiner Länge, und reicht also bis etwa an $\alpha \beta$, so werden die entgegengesetzten Anziehungen der Theile über und unter $\alpha' \beta$ einander zum Theil aufheben; reicht er aber nur etwa bis $\alpha' \beta$, so fällt die Gegenwirkung der unterhalb befindlichen Wassertheilchen weg, weswegen die Wassersäule im Röhrchen wachsen muß. Nimmt man aber auch die unter A' B' befindlich gewesenen Theile weg, so strebt die untere Fläche der Röhre wieder einen Tropfen zu bilden, und die Wassersäule wird verkürzt.

Biegt man ein Haarröhrchen heberförmig um, und senkt den einen Schenkel in ein Gefäß mit Wasser, so wird der Heber sich selbst füllen und das Gefäß auslaufen, wenn der Theil des Haarröhrchens über der Wasserfläche bis zur Biegung geringer ist, als die Höhe der Wassersäule, welche in demselben

1 Diese Erscheinung beobachtete schon PETIT. S. Mém. de l'Ac. 1724.

2 Dieses Phänomen scheint mir nicht ganz richtig dargestellt zu seyn durch BIOT in Traité I. 460.

gehoben wird. Das Gefäß wird dann ausgeleert werden, bis das Niveau in demselben so tief herabgesunken ist, daß es die halbe Höhe erreicht, bis zu welcher der herabhängende Schenkel das Wasser anheben würde¹. Es bleibt dann zuletzt in diesem letzteren ein Wassertropfen hängen, welcher nahe eine Halbkugel bildet, wodurch das Gleichgewicht hergestellt wird. Hat der Tropfen seine mittlere GröÙe erreicht, und wird der Heber etwas tiefer herab gesenkt, so vergrößert sich der Tropfen, fällt zuletzt herab oder der Heber fängt aufs Neue an zu laufen. Hebt man denselben aber etwas in die Höhe, so vermindert sich der Tropfen, zieht sich zuletzt ganz in das Röhrchen zurück, und die Flüssigkeit im Haarröhrchen bewegt sich rückwärts, sobald das Ende des nicht eingetauchten Schenkels höher über das Niveau des Wassers im GefäÙe gehoben wird, als bis zu welcher Höhe das Haarröhrchen das Wasser zu heben vermag. Alle diese Erscheinungen hängen mit der eben erläuterten Theorie innig zusammen. Wenn endlich eine Glocke oder eine Röhre von beliebiger Weite sich in ein Haarröhrchen endigt, so wird die Capillarität die Flüssigkeit in dem beliebig weiten GefäÙe so hoch heben, als sie in einem Haarröhrchen vom Durchmesser desjenigen, worin das Gefäß sich endigt, gehoben werden würde².

Alle diese Erscheinungen zeigen im Allgemeinen die Gesetze der Capillarität und die Richtigkeit der dieselben ausdrückenden Formel. Will man die letztere aber durch genaue Versuche prüfen; so kommt es vorzüglich darauf an, die Durchmesser der dazu genommenen Röhren zu finden, welches bei der Kleinheit derselben und der dennoch erforderlichen Genauigkeit mit einigen Schwierigkeiten verbunden ist, am zweckmäÙigsten aber durch die Abwiegung einer Säule Quecksilber in dem zu gebrauchenden Haarröhrchen geschieht³.

Ist demnach der Durchmesser der Haarröhrchen genau bekannt, so findet man die Länge der in denselben angehobenen Säule der Flüssigkeit, und selbst die Vertiefung des Meniskus

1 LA PLACE bei G. XXXIII. 26.

2 PARROT theor. Phys. I. 327.

3 S. Caliber.

Fig. nach GAY-LÜSSAC¹ mit einem hierzu eigends verfertigten Instrumente. Dieses besteht aus einem Gefäße, welches vermittelst der Stellschrauben v v v lothrecht gestellt werden kann wie eine auf den Rand A B gesetzte Wasserwage angiebt. Auf dieses wird vermittelst der Bodenplatte a b der Apparat gesetzt welcher in dem Falze C C das Haarröhrchen T T trägt. Ein Fernrohr N M, auf einer getheilten Stange R R verschiebbar und mit einem Mikrometer versehen, auch durch das Bleiloth F P lothrecht erhalten, zeigt den oberen Stand der Flüssigkeit S und die Höhe des Meniskus. Um aber, bei der Erhebung der Flüssigkeit am Rande des Gefäßes das Niveau in der Mitte zu finden, wird auf die Scheibe a b der Träger der mit einer Schraube versehenen Stange t t' gestellt, und die Spitze t so lange herabgeschoben, bis sie die Oberfläche der Flüssigkeit gerade berührt, während der Apparat mit der Röhre etwas seitwärts geschoben bleibt, um durch das Herausnehmen der Röhre den Inhalt des Gefäßes nicht zu vermindern. Dann nimmt man mit einem Stechheber oder einer Pipette etwas von der Flüssigkeit heraus, um die Spitze genau zu sehen, schiebt das Fernrohr herab, bis die Spitze des Stiftes im Mikrometer erscheint, und der am Stabe vom Fernrohre durchlaufene Raum giebt die Höhe der Flüssigkeit im Haarröhrchen.

Um die von LA PLACE aufgestellte Theorie zu prüfen, stellten HAUG und TREMERY mit vorzüglicher Genauigkeit einige Versuche an. In Haarröhrchen von der nämlichen Glasart vom

Durchmesser	3	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{4}$	mm
wurde Wasser gehoben	6,75	10	18,5	—
Orangenöl	3,40	5	9,0	—

welche Zahlen dem verkehrten Verhältnisse der Durchmesser vollkommen entsprechen. Es gehört somit für 1^{mm} eine Capillarattraction für Wasser von 13,569, für Orangenöl von 6,7398^{mm} oder für 1 Lin. par. von 6,0151 Lin. Wasser und 2,9877 Lin. Orangenöl. Die Depression des Quecksilbers wurde bei Röhren von 2 und $\frac{4}{3}$ millim. = $3\frac{2}{3}$ und 5,5 gefunden, welches für 1^{mm} eine Depression von $7\frac{1}{3}$ millim. oder für eine Linie 3,251 Lin. beträgt. Man muß indess bei andern vergleich-

¹ BIOT Traité. I. 441.

in Versuchen die hierbei stattgefundene Temperatur von 10° genau beobachten, oder die gefundenen Werthe für diejenige Temperatur verbessern, indem für wenig abweichende Grade der Wärme gleich schwere Säulen der Flüssigkeit ben werden, so daß also der Coefficient ihrer Ausdehnung Gröfse giebt, womit die gefundene Höhe zu multipliciren um die eigentliche Gröfse zu erhalten¹. Die Versuche, welche GAY-LÜSSAC mit seinem Apparate anstellte, deren Genauigkeit sonach als ganz vorzüglich anzusehen ist, gaben folgende Resultate.

Radiusmesser = 2r in millim.	Höhe der Wassersäule = h bis zum tiefsten Puncte des Meniskus	Temperatur nach C.
1,29441	23,1634	8°,5
1,90381	15,5861	

Berechnet man aus der ersten Beobachtung die zweite; so ist
 $= 0,647205 (23,1634 + 0,215735) = 15,1311$.

Den Werth in die Formel für $h = \frac{A}{r} - \frac{r}{3}$ gesetzt, giebt 783, welche von dem Resultate des Versuches um eine verändernde Gröfse abweicht, zugleich aber zeigt, daß der Werth $\frac{r}{3}$ nicht vernachlässigt werden kann. Bei einem Versuche mit Alkohol fand derselbe

Radiusmesser der Röhren = 2r in millim.	Höhe des Alkohol = h bis zum tiefsten Puncte des Meniskus	Temperatur nach C.
1,29441	9,18235	8°,5
1,90381	6,08397	

spec. Gew. des Alkohol war 0,81961 bei der angegebenen Temperatur. Aus dem ersten Versuche wurde $A = 0,647025 (23,1634 + 0,215735) = 6,0825$ gefunden, und hieraus $h = 6,0825$, gleichfalls mit dem Versuche genau übereinstimmend². Das allgemeine Gesetz der Capillarität zeigt sich in sehr ähnlichen Erscheinungen. Außer denjenigen, welche wegen ihres innern Zusammenhanges mit dem untersuchten verwandten Zustande, nämlich den Gesetzen der Adhäsion³ schon er-

Ueber diesen LA PLACESchen Satz s. weiter unten.

¹ BIOT Traité. I. 450.

² S. Th. I. p. 186 ff.

wähnt sind, kommt zunächst das Aufsteigen der Flüssigkeiten zwischen zwei in geringem Abstände von einander befindlichen Platten in Betracht. Es sey demnach der Abstand der bei-
 Fig. den lothrechten Platten von einander $= \delta$, ihr horizontaler
 28. Durchschnitt $= a$. Es werde ferner angenommen, daß die von H bis S angehobene Flüssigkeit oben bei S durch die Oberfläche eines halben Cylinders begrenzt sey; so ist der Umfang eines horizontalen Durchschnittes der angehobenen Flüssigkeit $= 2(a + \delta)$, die Oberfläche desselben $= a \delta$, der Inhalt der angehobenen Wassermasse bis S $= a \delta h$, des über S befindlichen Meniskus $= \frac{a \delta^2}{2} - \frac{\pi a \delta^2}{8} = \frac{a \delta^2}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$, folglich

der gesammte Inhalt $V = a \delta h + \frac{a \delta^2}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$. Werden

diese Werthe in die oben für Haarröhrchen gefundene Formel substituirt; so ist

$$g D \left[a \delta h + \frac{a \delta^2}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right] = 2(2\rho - \rho')(a + \delta).$$

und auf beiden Seiten mit $a g D$ dividirt

$$\delta \left[h + \frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right] = \frac{2(2\rho - \rho')}{g D} \left(1 + \frac{\delta}{a}\right)$$

und wenn man $\frac{\delta}{a}$ vernachlässigt und $\frac{2(2\rho - \rho')}{g D} = A$ wie

$$\text{oben setzt } \delta \left[h + \frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right] = A.$$

Ist dann δ gegen h geringe, so kann $\frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$ als in der Fehlergrenze der Versuche liegend betrachtet werden, und es ist $h = \frac{A}{\delta}$ oder die Höhe der angehobenen Flüssigkeit dem Abstände der Platten umgekehrt proportional. Indem ferner oben für cylindrische Haarröhrchen $h = \frac{A}{r}$ gefunden wurde,

aber $\frac{A}{\delta} = \frac{A}{2r}$ gesetzt werden kann; so folgt, daß die Flüssigkeit zwischen zwei ebenen Platten halb so hoch steht, als in einem cylindrischen Haarröhrchen von demjenigen Durchmes-

r, welcher dem Abstände der Platten gleich ist, wie mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt¹.

Hiermit verwandt ist ein Versuch, welchen schon BROOK TAYLOR und HAWKSBEE anstellten². Nimmt man zwei ebene Glasplatten A B C D, legt sie so auf einander, daß sie sich an Fig. 1er Seite B D berühren, an der andern im geringen Abstände²⁹ voneinander stehen, und senkt sie einige Linien tief in ein Gefäß mit Wasser, die Linie ihrer Berührung B D lothrecht halten, so bilden ihre regelmässig abnehmenden Entfernungen ein System von Haarröhrchen, und das Wasser zwischen den Platten muß eine ihrem Abstände von einander umgekehrt proportionale Höhe erreichen. Die Grenze dieser Höhen bildet eine Hyperbel, deren Asymptoten ein senkrechter Durchschnitt: Ebene des Wassers n m und die Linie ihrer Berührung sind. Bezeichnet man nämlich die Entfernung der Platten bei $\alpha \dots y$ bei $\beta \dots d$; die Höhe des Wassers bei $\alpha \dots h$ bei $\beta \dots x$; so ist

$$h : x = y : d \text{ also } xy = hd$$

die Gleichung der Hyperbel zwischen rechtwinkligen Asymptoten³. Daß in einer horizontal gehaltenen konischen Röhre Wassertropfen sich nach der engeren Seite, ein Quecksilbertropfen aber nach der weiteren bewege, folgt gleichfalls aus der Capillarität.

Manche Erscheinungen dürfen nur erwähnt werden um einzusehen, daß sie gleichfalls zur Capillaranziehung gehören, z. B. das *Filtriren*,⁴ das Feuchtwerden von Sand, Asche, Erde u. s. w. durch tiefer befindliche Flüssigkeiten, das Durchdringen der letzteren durch poröse Gefäße, das Eingesogenwerden von Arzneien und sonstiger Substanzen durch die Gefäße im thierischen Körper, das sogenannte Athmen der Pflanzen, das Aufsteigen der Fettigkeiten in Dochten, das Anschwellen hygroskopischer Körper bei feuchter Witterung, die Verkürzung der Seile und Zeuge durch Nässe u. dgl. m. Man kann dahin

¹ Biot Traité I. 454.

² Phil. Trans. XXVII. 538. Verg. MUSSCHENBROEK diss. de attract. p. 71. Introductio §. 1062.

³ Vergl. LEHOT in Bibl. Brit. LVIII. 78, wo zugleich eine allgemeine Formel für diesen Versuch gegeben ist.

⁴ S. Filtrirmaschinen.

wähnt sind, kommt zunächst das Aufsteigen der Flüssigkeit zwischen zwei in geringem Abstände von einander befindlichen Platten in Betracht. Es sey demnach der Abstand der beiden lothrechten Platten von einander $= \delta$, ihr horizontaler

28. Durchschnitt $= a$. Es werde ferner angenommen, daß von H bis S angehobene Flüssigkeit oben bei S durch die Oberfläche eines halben Cylinders begrenzt sey; so ist der Umf eines horizontalen Durchschnittes der angehobenen Flüssigkeit $= 2(a + \delta)$, die Oberfläche desselben $= a\delta$, der Inhalt angehobenen Wassermasse bis S $= a\delta h$, des über S befindlichen Meniskus $= \frac{a\delta^2}{2} - \frac{\pi a\delta^2}{8} = \frac{a\delta^2}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$, folgl

der gesammte Inhalt $V = a\delta h + \frac{a\delta^2}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$. Wenn

diese Werthe in die oben für Haarröhrchen gefundene Formel substituirt; so ist

$$g D \left[a\delta h + \frac{a\delta^2}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right] = 2(2\rho - \rho')(a + \delta)$$

und auf beiden Seiten mit $a g D$ dividirt

$$\delta \left[h + \frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right] = \frac{2(2\rho - \rho')}{g D} \left(1 + \frac{\delta}{a}\right)$$

und wenn man $\frac{\delta}{a}$ vernachlässigt und $\frac{2(2\rho - \rho')}{g D} = A$,

$$\text{oben setzt } \delta \left[h + \frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right] = A.$$

Ist dann δ gegen h geringe, so kann $\frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$ als in der Fehlergrenze der Versuche liegend betrachtet werden, und ist $h = \frac{A}{\delta}$ oder die Höhe der angehobenen Flüssigkeit der Abstände der Platten umgekehrt proportional. Indem ferner oben für cylindrische Haarröhrchen $h = \frac{A}{r}$ gefunden wurde

aber $\frac{A}{\delta} = \frac{A}{2r}$ gesetzt werden kann; so folgt, daß die Flüssigkeit zwischen zwei ebenen Platten halb so hoch steht, als in einem cylindrischen Haarröhrchen von demselben

dieses weder nach LA LANDE aus der inneren Anziehung
 löhe noch aus LA PLACE's Theorie erklären lasse, sondern
 an wenigen Staube und Schmutze abgeleitet werden müsse,
 er während des Versuches, obgleich mit unbewaffneten
 nicht wahrnehmbar, sich in dem Ende des Röhrchens
 a. Man könnte vielleicht hinzusetzen, daß das Ende des
 hens durch den Einfluß der Luft trocken werden muß,
 um das Wasser nicht so leicht annimmt.

Unter die Phänomene der Capillarität gehört wahrschein-
 lich eine sehr interessante Beobachtung DÖBEREINER's²,
 Wasserstoffgas, in einer geborstenen Campano, welche,
 Gasarten nicht durchläßt, über Quecksilber gesperrt,
 nicht und vermindert wird. Der Beobachter leitet diese Er-
 scheinung von den kleinen Atomgewichten des Wasserstoffgas ab,
 die den feinen Riß deswegen leichter durchdringen können.
 Dieses Gas strömt auch schneller durch enge Röhrchen
 als andere Gasarten, und dringt leichter durch Thierblasen³.
 Diese Beobachtungen, daß nämlich geborstene Röhren
 nicht isoliren, führten mich selbst schon früher zu der
 Meinung, daß auch die Elektricität der Capillaranziehung

Manche Physiker waren geneigt, das Aufsteigen des Saftes
 in den Pflanzen als eine Wirkung der Capillaranziehung zu
 erklären⁴. Daß diese auch hierbei sich wirksam zeige, kann
 bezweifelt werden, indem selbst abgeschnittene und
 getrocknete Pflanzentheile noch die Wirkungen ihrer
 röhrenartigen Räume durch das Einsaugen von Flüssig-
 keiten zeigen. Indes läßt sich das ganze Phänomen der *Saft-
 leitung* keineswegs auf die Capillarität zurückführen, wie
 sowohl aus der Höhe folgt, bis zu welcher der Saft an-
 steigt, als vielmehr daraus, daß derselbe aus lothrecht
 abgeschnittenen Pflanzentheilen ausfließt, was durch-
 aus die Capillartheorie streitet. Außerdem aber ergie-
 ben sich von mir und dem hiesigen Universitätsgärtner METZGER

Aus seiner Abhandlung hierüber in FÉAÜSSAC Bulletin des Sc.
 1824. Fevr. p. 112.

Verwandte Erscheinungen s. Th. I. p. 200.

Robison System of Mech. Phil. I. 223.

gen streitet aber die gemeine Erfahrung, daß in gut aus-
 rüsten Barometern die Quecksilbersäule in der Röhre ganz
 steht, und erst nach einer Erschütterung herabfällt. Eben
 zeigt sich, wenn man das Barometer auch späterhin ei-
 nmal in umgekehrter Lage läßt, insbesondere aber, wenn
 es in dieser Richtung trägt oder mälsig aufstößt und er-
 rütet. Diese Erscheinung ist vor längerer Zeit bekannt ge-
 wesen, und HUYGENS¹ beobachtete schon, daß eine Säule von
 Quecksilber auf diese Weise getragen wurde, welches er dem
 Gewicht der Luft, die nicht durchdringenden Aethers beilegte.
 NEWTON² war mit ihm hierin einverstanden. Daher zeigte
 er, daß die Depression sey eine Folge der Feuchtigkeit, wel-
 che an Glase oder Quecksilber anhängt, und berief sich hier-
 auf auf einen Versuch von CASBOIS, welcher gefunden haben
 wollte, daß trocknes Quecksilber in trocknen Röhren vielmehr
 die attraction zeige. MILON stellte deswegen Versuche an
 mit Quecksilber, welches eine geraume Zeit gesiedet hatte, und
 Röhren, welche bis nahe zur Glühhitze erhitzt waren, fand
 keine Depression hierbei sowohl in den Röhren als auch
 in denselben, wenn sie neben einander in Quecksilber
 taucht wurden, eben so stark, als bei feuchtem Quecksil-

Wenn gleich gegen die Genauigkeit dieser Versuche nichts
 einzuwenden seyn mag, so entscheiden doch zugleich zahllose
 Versuche beim Auskochen der Barometer angestellte, daß die
 Wirkung der Luft und Feuchtigkeit die Capillardepression
 im Glas und Quecksilber aufhebt, weswegen das Aus-
 kochen der Barometer eine unerläßliche Bedingung ihrer Ge-
 nauigkeit ist, und man muß daher mit HAVY, BELLANI³ u. a.
 annehmen, daß die dem Quecksilber anhängenden Theile von
 ihm durch Feuchtigkeit seine Adhäsion zum Glase aufheben.
 Erst waren diese durch CASBOIS mehr weggeschafft, als
 durch MILON, und beruhete hierauf die Verschiedenheit der

¹Phil. Trans. VII. 4128.

²Ibid. VIII. 4260.

³Mémoires de l'École Normale III. p. 50. Vergl. J. de P. LIV. 129.

J. de Ph. LIV. 129.

BRUGNATELLI G. III. 291.

durch beide erhaltenen Resultate. Hieraus ergibt sich aber weiter, daß es sehr schwer ist, die absolute Depression des Quecksilbers in Haarröhrchen zu bestimmen¹. Nimmt man indeß gewöhnliches, trocken genanntes Quecksilber, so hat hierfür BOUVARD nach LA PLACE's Formel diejenigen Höhen berechnet, welche den verschiedenen Durchmessern der Röhren zugehören und mit den Versuchen von YOUNG, IVORY und CAVENDISH verglichen, wie die nachfolgende Tabelle in Millim. angiebt².

Durchm. d. Röhre	Depress. nach La Place	nach Dr. Young	nach Ivory	nach Caven- dish
21,0	0,030	0,024	0,024	
20,0	0,034			
19,0	0,038	0,031	0,031	
19,5	0,043			
19,0	0,049	0,041	0,042	
18,5	0,056			
18,0	0,064	0,053	0,054	
17,5	0,073			
17,0	0,083	0,068	0,071	
16,5	0,094			
16,0	0,107	0,088	0,087	
15,5	0,121			
15,0	0,137	0,111	0,118	0,131
14,5	0,156			
14,0	0,176	0,144	0,152	0,150
13,5	0,198			
13,0	0,223	0,188	0,196	0,170
12,5	0,250			
12,0	0,281	0,242	0,253	0,200
11,5	0,315			
11,0	0,354	0,311	0,316	0,270
10,5	0,397			
10,0	0,445	0,402	0,406	0,406

¹ Wie dieses beim Barometer geschehen könne, darüber s. *Barometer*.

² Ann. de Chim. et de Phys. XXII. 333.

Durchm. d. Röhre	Depress. nach La Place	nach Dr. Young	nach Ivory	nach Caven- dish
9,5	0,500			
9,0	0,562	0,517	0,521	0,608
8,5	0,632			
8,0	0,712	0,669	0,673	0,820
7,5	0,803			
7,0	0,909	0,869	0,868	1,073
6,5	1,030			
6,0	1,171	1,139	1,134	1,377
5,5	1,337			
5,0	1,534	1,510	1,513	1,735
4,5	1,774			
4,0	2,068	2,063	2,066	2,187
3,5	2,442			
3,0	2,918	2,986	2,988	3,054
2,5	3,568			
2,0	4,454	4,887	4,888	4,472

▲ PLACE's Theorie der Capillarität ist jetzt wohl so ziemlich von allen Physikern allgemein angenommen, und wird bei genauer und genügender Prüfung den Beifall derselben erhalten; wo dieses aber nicht der Fall ist, da wird die-
entweder nicht völlig verstanden, oder vielmehr wegen
auf verwandten weitläufigen und schwierigen Calculs
gehörig erkannt. Man könnte immer die Frage aufwerfen,
gen so viel höherer Calcul auf ein so leicht in seiner Ein-
it darstellbares Problem verwandt ist? Hierauf läßt sich
erwiedern, daß eben dieser dem großen Geometer am
geläufig ist, und dann muß man wohl berücksichtigen,
rselbe die Aufgabe, welche eigentlich die gesamte An-
gin unmeßbarer Ferne begreift, in ihrem ganzen Um-
um Gegenstande seiner Untersuchung gewählt hat, wo-
die mannigfaltigen, hierauf zurückgeführten Erscheinun-
klärlich werden, und hieraus ergiebt sich denn auch
ofang; in welchem der Gegenstand behandelt ist.
ücksichtlich der übrigen bedeutenden Untersuchungen
iesen Gegenstand hat TH. YOUNG schon 1804, also vor

der Bekanntwerdung der LA PLACESchen Theorie eine schätzbare Abhandlung darüber bekannt gemacht¹, und darin zugleich die Erscheinungen der Adhäsion im Allgemeinen berücksichtigt. Später hat derselbe gegen LA PLACE erinnert, daß er bei seiner Formel die Temperatur nicht berücksichtigt habe, ein Einwurf, dessen Gültigkeit LA PLACE selbst zugesteht². Es ist schon oben bemerkt, daß LA PLACE, und nach ihm BIOT³ annehmen, der Einfluß der Temperatur sey bloß in sofern zu berücksichtigen, als die angehobene Säule der Flüssigkeit durch Wärme mehr ausgedehnt, mithin leichter werde, wonach also bei bekanntem Gesetze der Ausdehnung einer gegebenen Flüssigkeit die Höhe der angehobenen Säule leicht corrigirt werden könnte. Allein dieses ist sicher nur für sehr geringe Temperaturunterschiede zulässig, indem wohl nicht bezweifelt werden kann, daß eben wie die Cohäsion auch die Adhäsion sowohl der Theile der Flüssigkeiten unter einander als auch gegen die Wände der festen Körper, und somit auch die Capillarität geändert wird. Das Gesetz aber, wonach diese Aenderung erfolgt, ist bis jetzt noch nicht aufgefunden, und kann ohne genaue und schwierige Versuche nicht wohl aufgefunden werden, wonach sich also demnächst erst ergeben müßte, welchen Einfluß dasselbe auf die Formel LA PLACE's haben kann, indem die Theorie selbst schwerlich dadurch wesentlich geändert werden würde.

Es wird diesemnach überflüssig seyn, verschiedene Kritiken der LA PLACESchen Theorie hier näher zu erläutern und zu würdigen, und mag vielmehr eine bloß historische Erwähnung genügen. Am wenigsten gewichtig sind die Einwendungen, welche TARDY DE LA BROSSY⁴ dagegen gemacht hat, indem er hauptsächlich den Begriff der Attraction zu unbestimmt aufgefaßt und in der Theorie selbst keine Uebereinstimmung der Schlüsse mit den Phänomenen finden will. Von einem andern Gesichtspuncte geht BELLI⁵ aus, indem er zu beweisen sucht, die moleculäre Anziehung oder die Anziehung in unmeßbare Ent-

1 Phil. Trans. 1805. I. 65.

2 Ann. de Ch. et P. XII. 7.

3 Traité 1. 454.

4 Bibl. Brit. XXXVII. 1 ff.

5 BRUGNATELLI G. VII. 191.

fernung müsse als Grundlage angenommen werden, um eine Theorie der Capillaranziehung darauf zu gründen, dieselbe wirke aber in einer höheren Potenz als der umgekehrten fünften der Entfernung. Am ausführlichsten und mit einem großen Aufwande des Calculs hat BRUNACCI¹ dieselbe geprüft, mit den von PESSUTI und CLAIRAUT aufgestellten verglichen, und findet sie weder im Principe gehörig begründet, noch auch alle Erscheinungen hinlänglich erklärend, welcher Meinung auch LEOPOLDO NOLLI² beitrith. Hieran darf man auch die Kritik reihen, welche G. F. PARROT³ von der LA PLACESchen Theorie gegeben hat, welche zugleich eine eigenthümliche Darstellung des Capillaritäts-Gesetzes und verschiedene Versuche enthält. Dagegen hat neuerdings RUDBERG⁴ eine mit LA PLACE's Grundsätzen übereinstimmende elegante mathematische Theorie der Capillarattraction gegeben⁵. M.

Cardinalpuncte.

Hauptgegenden der Welt; *Puncta cardinalia*, *cardines mundi*; points cardinaux; *Cardinal Points*. Die vier Puncte des Horizonts, in deren zweien er vom Mittagskreise in den zwei übrigen vom Aequator durchschnitten wird.

Der *Nordpunct* oder Mitternachtspunct; der *Südpunct* oder Mittagspunct; der *Ostpunct* oder Morgenpunct; der *Westpunct* oder Abendpunct⁶. B.

1 Ebend. IX. 7. 127. 168. 241. 348. Vergl. Ann. de Ch. et P. IV. 54.

2 Sopra la Identità dell' attrazione molecolare colla astronomica. Modena 1818. in Appendice.

3 Ueber die Capillarität. Eine Kritik der Theorie des Grafen LA PLACE u. s. w. Dorpat (1816).

4 Denkschriften der Kön. Soc. d. Wiss. zu Stockholm. 1819 — 21. Die Abhandlung selbst habe ich nicht erhalten können.

5 Aufser der angegebenen Literatur verdienen noch berücksichtigt zu werden SEGNER in Com. Gott. 1751. I. 301. C. CAVENDISH berechnete Depressionen des Quecksilbers in Phil. Trans. 1776. p. 382. MONGE in Mém. de l'Ac. 1787. p. 506. auch in NICHOLS. J. III. 269. LESLIE in Phil. Mag. XIV. 193.

6 S. *Weltgegenden*.

Centralbewegung.

Motus centralis; nennt man die Bewegung, welche durch eine, gegen einen unveränderlichen Mittelpunkt gerichtete Kraft bestimmt wird.

1. Wenn der durch eine solche Kraft gegen den Mittelpunkt angezogene oder von dem Mittelpunkte abgestossene Punkt nicht etwa eine Bewegung hat, deren Richtung mit der Richtung der Kraft zusammentrifft; so ist die so entstehende Bewegung allemal eine krummlinigte. Es ist nämlich einleuchtend, daß ein Körper (den wir übrigens hier als einen einzigen Punkt ansehen), wenn er eine Geschwindigkeit nach der Richtung A B hat, und vermöge dieser in 1 Sec. von A nach B gelangen würde, nicht den Weg A B durchlaufen kann, wenn eine nach C anziehende Kraft auf ihn wirkt, sondern, wenn diese allein in 1 Sec. ihn nach D bringen würde, so durchläuft er in 1 Sec. die Diagonale A E, vermöge der Gesetze der Zusammensetzung der Kräfte oder Geschwindigkeiten¹.

In der nächsten Secunde durchläuft er wieder nicht die Verlängerung der A E, sondern wenn man auf dieser Verlängerung E F = A E nimmt, und nun E H auf E C so groß setzt, als der Weg ist, durch welchen die anziehende Kraft für sich allein den Körper in eben der Zeit treiben würde, so ist wieder die Diagonale E G als der wahre Weg des Körpers anzusehen. Eigentlich freilich ist die Bahn des Körpers nicht aus den geraden Stücken A E, E G, zusammengesetzt, sondern wegen der unaufhörlich einwirkenden Kraft wird die Bahn eine krumme Linie, zu welcher die eben angegebenen geraden Linien ebenso eine Annäherung geben, wie das Polygon im Kreise zum Kreise selbst.

2. Die eben angeführte Betrachtung zeigt, daß der von dem Körper, auf welchen eine Centralkraft wirkt, beschriebene Sector A C G der Zeit proportional ist, die gegen C wirkende Kraft sey, nach welchem Gesetze man will, veränderlich.

Wirkte die Kraft gar nicht, so würde in Beziehung auf

¹ S. Bewegung Th. I. 933.

den Punct C der Sector A C B vermöge der anfänglichen Geschwindigkeit durchlaufen; aber der bei vorausgesetzter Einwirkung der Kraft beschriebene Sector A E C ist eben so groß, weil die Dreiecke A B C, A E C einerlei Grundlinie A C und gleiche Höhen haben. Eben so groß würde im zweiten Zeittheilchen der Sector E C F seyn, wenn die Kraft nicht aufs neue einwirkte, weil dann mit der schon erlangten Geschwindigkeit ein Weg $E F = A E$ durchlaufen würde, und $E F = A E$ auf derselben geraden Linie lägen, also die Dreiecke A E C, E F C an Inhalt gleich wären; aber da aus dem Vorigen schon erhellet, das auch der Flächenraum $E C F = E C G$; so ist $E C G = A C E$. So werden also in gleichen Zeittheilen gleiche Flächenräume zurückgelegt, und in ungleichen Zeiträumen sind die Sektoren den Zeiten proportional, ohne daß dabei die absolute Größe der Kraft, noch auch, ob sie gleich wirkend bleibt oder nicht, in Betrachtung kömmt.

Dieses ist die theoretische Ableitung des ersten Keplerschen Gesetzes¹.

3. *Wenn der Körper in einem gegebenen Abstände = C A Fig. 31. die Geschwindigkeit = c hat, so wird die vermöge der Centrakraft geänderte Geschwindigkeit = v in jeder Entfernung = C V eben so groß seyn, wie sie seyn würde, wenn der Körper gerade gegen C zu bewegt, von A nach W, wo C W = C V ist, durch die Kraft in C getrieben wäre.*

Es sey zuerst V sehr nahe bei A, so daß man die Kraft als gleichförmig wirkend während der Bewegung von A nach V im einen, oder von A nach W im andern Falle, ansehen kann. Dann ist die Zunahme der Geschwindigkeit beim Falle durch A W der Zeit proportional, also $= 2 g p t$, wenn p die Kraft, in Vergleichung gegen die als Einheit betrachtete Schwerkraft und 2 g die durch die Schwere in der Zeiteinheit bewirkte Geschwindigkeit bedeutet. Die nach A V wirksame Kraft ist $= p \cdot \cos C A V$ und in gleicher Zeit $= t$ würde also auf A V die Zunahme der Geschwindigkeit $2 g p t \cdot \cos C A V$ betragen; da aber $A V : A W = 1 : \cos C A V$, so ist die zum Durchlaufen von A V verwendete Zeit (weil die Anfangsgeschwin-

¹ S. Bahn, der Planeten.

digkeit sowohl für den durch A W als durch A V laufenden Körper einerlei, zum Beispiel $= c$ ist) $= \frac{t}{\cos C A V}$, und folglich in dieser Zeit die Zunahme der Geschwindigkeit $= 2 g p t$, ebenso wie bei der Bewegung auf A W.

Man kann dieses kurz so ausdrücken: die Zunahme der Geschwindigkeit ist für einen kleinen Raum, wo die Kraft ungeändert bleibt, sowohl der Kraft als der Zeit, während welcher sie wirkt, proportional: nun ist zwar die nach A V wirkende Kraft kleiner als die nach A W wirkende, aber die auf A V verwandte Zeit in eben dem Maße größer, so daß das Product beider Größen ungeändert bleibt.

Gilt dies aber für ein kleines Stück A V des Weges, so gilt es auch für das nächste und so fort, so daß auch in Z die Geschwindigkeit so groß geworden ist, wie sie bei einem von A geradezu nach Y gelangenden Körper wäre, wenn beide mit gleicher Geschwindigkeit von A ausgegangen wären, und $C Y = C Z$ ist.

4. Wenn der Körper in einer gekrümmten Bahn um den Mittelpunkt läuft, so hat die Kraft, die ich als eine anziehende betrachten will, eine doppelte Wirkung, indem sie erstlich die Geschwindigkeit vermehrt, wenn sich der Körper dem Centro nähert, oder sie vermindert, wenn die Entfernung vom Centro zunimmt, und zweitens ihn in seiner Bahn erhält, oder hindert, daß er nicht, wie die Trägheit es fordern würde, nach der Tangente fortgeht. Man kann sich daher in jedem Punkte der Bahn die anziehende Kraft als zerlegt in eine nach der Richtung der Tangente und in eine nach der Richtung der Normalinie vorstellen, wo dann jene die eben erwähnte erste, diese die zweite Wirkung hervorbringt.

Die *Bahn*, welche der Körper durchläuft, kann nach Verschiedenheit der anziehenden Kräfte sehr verschieden seyn, und für die abstoßenden Kräfte gilt etwas ganz hiemit übereinstimmendes.

Kreisbewegung.

Fig. 32. 5. Wenn ein gegen C hin von einer bestimmten Kraft anzogener Körper A nach einer auf A C senkrechten Richtung fort-

geschleudert wird, so bleibt er auf einem Kreise, wenn die anziehende Kraft allein wirkend ihn in einem kurzen Zeittheilchen eben so viel näher zum Mittelpuncte C hinzöge, als er auf A B fortgehend sich in gleicher Zeit von C entfernen würde.

Es sey die Kraft p mal so groß als die Schwere und daher die in einer kurzen Zeit $= t$ vermöge dieser Kraft allein erlangte Geschwindigkeit $= 2 g p t$ (wenn $2 g$ die durch die Schwere in der Zeiteinheit bewirkte Geschwindigkeit ist), der durchlaufene Weg $= g p t^2$. Um so viel $= A D$ würde der Körper sich von der senkrechten A B entfernen, wenn eine solche mit A C parallel wirkende Kraft immer fort auf den in A zuerst ruhenden Körper wirkte; aber auch, wenn während der Fortbewegung nach A B eine mit A C parallel bleibende Kraft fortwirkte, würde eben die Entfernung von der Richtungslinie A B hervorgebracht werden. Nennen wir nun ferner die Geschwindigkeit des Körpers, die er in A hat, um auf A B fortzugehen ... c , so würde der in der Zeit t durchlaufene Raum $= c t$ seyn, und wenn A B $= c t$ ist, so gelangt der Körper vermöge der Wirkungen beider Kräfte in dieser Zeit nach E, wenn A B E D ein Parallelogramm ist. Damit nun

C E $=$ C A sey, muß seyn:

$$D E : A D = \sin A C E : \sin \text{vers. } A C E$$

$$\text{oder } c t : g p t^2 = \sin A C E : 1 - \cos A C E.$$

$$= \sqrt{(1 + \cos A C E)} : \sqrt{(1 - \cos A C E)},$$

$$\text{oder } c : g p t = 1 : \text{Tang. } \frac{1}{2} A C E.$$

Bei so kleinen Bogen aber, wie sie hier vorausgesetzt werden, ist

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} A C E = \frac{\frac{1}{2} \text{ Bogen } A E}{r},$$

wenn C A $= r$ ist, und

Bogen A E ist sehr nahe $= c t$,

$$\text{also } c : g p t = 1 : \frac{c t}{2 r},$$

$$\text{das ist } p \text{ muß} = \frac{c^2}{2 g r}$$

seyn, damit der Körper in derselben Entfernung bleibe.

Anmerkung. Diese Bestimmung ist vollkommen richtig, sie erscheint aber als unvollkommen, weil Größen, die allerdings nicht viel verschieden seyn können, geradezu als ge-

nau gleich mit einander vertauscht sind. Diese Unvollkommenheit vermeidet man, wenn man Grenzen angiebt, zwischen welchen die Kraft nothwendig enthalten seyn muß, und diese kann man strenge bestimmen, ohne sich schwieriger Rechnungen und höherer Analysis zu bedienen; wie ich es in meinem Lehrbuche¹ gezeigt habe. Eine solche Bestimmung bewährt die Richtigkeit des eben Gefundnen.

6. Eine so große anziehende Kraft muß also dem Mittelpunkte eigen seyn, wenn der Körper im ersten Augenblicke und eben deshalb auch unaufhörlich sich auf dem Umfang desselben Kreises erhalten soll. Die Geschwindigkeit des bewegten Körpers bleibt dabei ungeändert, da die auf die Richtung der Bewegung senkrechte Kraft dem Körper weder eine größere Geschwindigkeit ertheilen, noch auch die erlangte schwächen kann. Die anziehende Kraft hat also einzig die Wirkung, zu hindern, daß der Körper sich nicht vom Mittelpunkte entferne, und wir sehen sie daher an, als gerade entgegenwirkend einer Kraft, die diese Entfernung vom Mittelpunkte zu bewirken strebt, und die daher Centrifugalkraft oder Schwungkraft heißt.

Der Ausdruck $p = \frac{c^2}{2 g r}$ ist daher als das Maß

dieser Schwungkraft anzusehen, die folglich im directen Verhältnisse des Quadrates der Geschwindigkeit und im umgekehrten Verhältnisse des Halbmessers desjenigen Kreises, auf welchem die Bewegung geschieht, steht.

7. Wenn der Körper mit der unveränderlichen Geschwindigkeit $= c$ den Umfang $= 2 \pi r$ des Kreises vom Halbmesser $= r$ durchläuft, so ist die ganze Umlaufszeit $T = \frac{2 \pi r}{c}$,

oder $c = \frac{2 \pi r}{T}$, und folglich ist auch $p = \frac{c^2}{2 g r} = \frac{2 \pi^2 r}{g T^2}$,

oder die Schwungkraft ist direct dem Halbmesser des Kreises und umgekehrt dem Quadrate der Umlaufszeit proportional².

8. Sollen durch die anziehende Kraft eines und desselben

¹ Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts u. d. Bewegg. fester u. flüss. Körper von BRANDES. II. 78.

² Vergl. Centrifugalkraft.

Körpers zum Beispiel der Sonne im Planetensystem verschiedene Körper in verschiedenen Entfernungen auf ihren Kreisen erhalten werden, so ist p eine in verschiedenen Abständen ungleiche Kraft. Weifs man nun aus KEPLERS Untersuchungen, daß bei den Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Kubi der Abstände verhalten (*Keplers drittes Gesetz*) so ist, wenn r und T sich auf den einen, r' und T' sich auf den andern Planeten beziehen, und p, p' , die anziehenden Kräfte bedeuten nach dem Gesetze der Schwungskräfte, denen jene anziehenden Kräfte das Gleichgewicht halten müssen,

$$p : p' = \frac{r}{T^2} : \frac{r'}{T'^2},$$

aber nach dem dritten Keplerschen Gesetze

$$\text{auch } T^2 : T'^2 = r^3 : r'^3,$$

$$\text{also } p : p' = \frac{r}{T^2} : \frac{r^3}{r'^3 \cdot T^2} = \frac{1}{r^2} : \frac{1}{r'^2},$$

die anziehenden Kräfte müssen sich, wie die Quadrate der Entfernungen umgekehrt verhalten, wenn das dritte Keplersche Gesetz richtig ist.

Allgemeine Untersuchung über die Centralbewegung.

9. Wenn der Körper auch nicht auf einem Kreise fortgeht, so kann man dennoch die Schwungkraft, die er vermöge der Bewegung auf seiner Bahn in jedem Puncte erlangt, berechnen. Jeder kleine Theil einer Curve kann nämlich als mit einem kleinen Kreisbogen zusammenfallend angesehen werden, und der Halbmesser dieses Kreises, welcher der Krümmungshalbmesser der Curve in eben diesem Puncte heifst, dient ebenso zur Bestimmung der Schwungkraft wie vorhin, wo der Körper den ganzen Kreis durchlief. Man kann daher, um kurz zu übersehen, worauf die Bestimmung der Bewegung beruht, nur folgende Ueberlegung anstellen.

Es sei C der anziehende Mittelpunkt, A der Punct, wo Fig. der Körper sich in seiner Bahn befindet, und AB die Tangente 30. der Bahn. Zerlegt man nun die beschleunigende Kraft, die auf A nach der Richtung AC wirkt, in eine auf AB senkrechte und in eine damit parallele, so wird die letztere angewandt,

um die Geschwindigkeit zu vermehren, wenn $C A B$ ein spitzer Winkel, zu vermindern, wenn $C A B$ ein stumpfer Winkel ist; die erstere aber muß der Schwungkraft das Gleichgewicht halten, und man kann daher entweder die in A wirkende Kraft bestimmen, wenn die Bahn des Körpers bekannt ist, oder man kann umgekehrt angeben, wie groß der Krümmungshalbmesser der Curve an dieser Stelle seyn muß, wenn man GröÙe der Kraft und die dort stattfindende Geschwindigkeit kennt. Ein Beispiel wird dies erläutern.

10. Nach KEPLERS Bestimmungen bewegen sich die Planeten in Ellipsen, in deren Brennpuncte die Sonne steht, und die um die Sonne beschriebenen Sektoren sind der Zeit proportional. Die letzte Bemerkung läßt uns schließen, daß die Kraft, welche den Planeten in seiner Bahn erhält, in der Sonne im Brennpuncte der Ellipse ihren Sitz hat; wir wollen daher für einige Punkte der Ellipse die GröÙe dieser Kraft zu bestimmen suchen.

Wenn die halbe große Axe der Ellipse $= a$, die halbe kleine Axe $= b$ heißt, so ist der Inhalt der Ellipse $= a \cdot b \cdot \pi$, welcher sich zum Inhalt eines Kreises vom Halbmesser a verhält, wie $b : a$. Nenne ich T die in Secunden ausgedrückte Umlaufszeit, so ist $\frac{a b \pi}{T} =$ dem in 1 Sec. beschriebenen Sector. Befin-

Fig. sich nun der Körper in der großen Axe und zwar in dem Punkte A , welcher der Sonne C am nächsten ist, so ist seine Entfernung $C A = a - \sqrt{a^2 - b^2}$; und wenn $A B$ den in 1 S. durchlaufenen Bogen vorstellt, und $A B = c$ ist, so hat man

$$\text{den Sector } A C B = \frac{1}{2} c \cdot (a - \sqrt{a^2 - b^2}) = \frac{a b \pi}{T},$$

wodurch $c = \frac{2 a b \pi}{T (a - \sqrt{a^2 - b^2})}$ bestimmt ist. Der Krü-

mmungshalbmesser der Ellipse ist in diesem Punkte $= \frac{b^2}{a} =$

und folglich die Schwungkraft $= \frac{c^2}{2 g r} =$

$$\frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2 (a - \sqrt{a^2 - b^2})^2} \cdot \frac{a}{2 g b^2} = \frac{2 a^3 \pi^2}{g T^2 f^2}, \text{ wenn ich } (a - \sqrt{a^2 - b^2}) = f \text{ nenne.}$$

Am andern Ende der großen Axe bei G sey c' die Geschwindigkeit, f' die Entfernung, so ist, weil auch da die Richtung der Bewegung senkrecht auf den Radius Vector ist, der Sector $= \frac{1}{2} c' f' = \frac{a b \pi}{T}$, also $c' = \frac{2 a b \pi}{T \cdot f'}$, und die Schwungkraft $=$

$\frac{2 a^3 \pi^2}{g \cdot T^2 \cdot f'^2}$. Also verhalten sich die Schwungskräfte an beiden En-

den der großen Axe, umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung wie $\frac{1}{f'^2} : \frac{1}{f'^2}$, und eben so muß sich also die dieser Schwung-

kraft hier genau entgegengesetzte Anziehungskraft der Sonne verhalten, weil sie es ist, die den Körper hindert, der Trägheit zu folgen, und ihn nöthigt, in dieser bestimmten Bahn zu bleiben.

Wir wollen noch als dritten Punct der Bahn den Endpunct der kleinen Axe betrachten. Wenn E der Mittelpunct der Bahn, D der Endpunct der kleinen Axe ist, so ist hier die Richtung der Bewegung auf E D senkrecht; der Abstand C D vom Brennpuncte ist hier $= a$, und wenn D H $= c''$ hier den Weg in einer Secunde bedeutet, so ist der Sector D C H $= \frac{1}{2} c'' \cdot b$.

weil des Sectors Höhe D E $= b$ ist, also $c'' = \frac{2 a b \pi}{T \cdot b} = \frac{2 a \pi}{T}$.

Der Krümmungshalbmesser der Ellipse ist an dieser Stelle $= \frac{a^2}{b}$, also die Schwungkraft $= \frac{4 a^2 \pi^2}{T^2} \cdot \frac{b}{2 g a^2} = \frac{2 b \pi^2}{g T^2}$.

Hier ist es aber nicht die gesammte Attractionskraft der Sonne, die der Schwungkraft entgegen wirkt, sondern wenn die ganze Kraft nach der Richtung D C, ... p'' heißt, so ist der Theil derselben, der senkrecht gegen die Bahn gerichtet ist,

$$= p'' \cdot \cos. C D E = \frac{p'' b}{a},$$

$$\text{also muß } \frac{p'' b}{a} = \frac{2 b \pi^2}{g T^2}$$

$$\text{oder } p'' = \frac{2 a \pi^2}{g T^2} \text{ seyn.}$$

Die Werthe der Normalkraft in den drei betrachteten Punc-

ten sind also $\frac{2 a \pi^2 \cdot a^2}{g T^2 \cdot f'^2}$; $\frac{2 a \pi^2 \cdot a^2}{g T^2 \cdot f'^2}$; $\frac{2 a \pi^2}{g T^2} \cdot \frac{a^2}{a^2}$,
E 2

sie verhalten sich also wie $\frac{1}{f^2} : \frac{1}{f'^2} : \frac{1}{a^2}$, oder umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen f, f', a . Für andere Punkte der Ellipse würde man dasselbe Gesetz bestätigt finden.

11. Um aber die Frage, ob die Bewegung, wenigstens in Beziehung auf die betrachteten drei Punkte, ganz einer solchen, im umgekehrten Verhältniß des Quadrates der Entfernungen wirkenden Kraft gemäß sey, sollten wir auch noch die Geschwindigkeiten c, c', c'' näher betrachten. Es sollte, damit der Gleichheit der Sektoren Genüge geschähe, für die grösste

Entfernung $f' = a + \sqrt{a^2 - b^2}$, $c' = \frac{2 a b \pi}{T f'}$; für die mitt-

lere Entfernung $= a$, $c'' = \frac{2 a \pi}{T}$; für die kleinste $f =$

$a - \sqrt{a^2 - b^2}$ die Geschwindigkeit $c = \frac{2 a b \pi}{T f}$ seyn.

Um hier nicht die ganze Lehre von der Bestimmung der Geschwindigkeit eines frei gegen einen anziehenden Mittelpunkt fallenden Körpers einzuschalten, will ich den Satz als erwiesen annehmen, daß, wenn C, C' die Geschwindigkeiten sind, die dieser Körper in den Entfernungen F, F' hatte, $C^2 - C'^2 =$

$4 g l^2 \left\{ \frac{F' - F}{F \cdot F'} \right\}$ seyn muß, wenn die Kraft den Quadraten der

Abstände umgekehrt proportional ist, und l hier eine von der absoluten Gröfse der Kraft abhängende Gröfse bedeutet. In unserm Falle ist nun $c^2 - c'^2 =$

$$\frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2} \left(\frac{1}{f^2} - \frac{1}{f'^2} \right) = \frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2} \cdot \frac{(f' + f)(f' - f)}{f^2 f'^2}$$

$$\text{und } c^2 - c''^2 = \frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2} \left(\frac{1}{f^2} - \frac{1}{b^2} \right) = \frac{4 a^2 b^2 \pi^2}{T^2} \cdot \frac{(b + f)(b - f)}{b^2 f^2}$$

oder weil $f' + f = 2 a$ und $f' \cdot f = b^2$ ist,

$$c^2 - c'^2 = \frac{8 a^3 \pi^2 (f' - f)}{T^2 f f'}, \text{ wie es nach der durch } C, F$$

ausgedrückten allgemeinen Formel seyn muß; und weil

$$b^2 - f^2 = 2 \sqrt{a^2 - b^2} \cdot (a - \sqrt{a^2 - b^2})$$

$$\text{oder } b^2 - f^2 = 2 \sqrt{D(a^2 - b^2)} \cdot f, \text{ ist, } c^2 - c''^2 =$$

$\frac{8 a^2 \pi^2}{T^2} : \frac{\sqrt{(a^2 - b^2)}}{f} = \frac{8 a^3 \pi^2}{T^2} \cdot \frac{(a - f)}{a f}$, welches gleichfalls jener Formel gemäß ist.

12. Diese Betrachtungen werden hinreichen, um denen, die ohne höhere Analysis die Gründe für die theoretische Bestimmung der Planetenbahnen zu übersehen wünschen, den Weg zu zeigen; ich gehe jetzt zu gründlicheren Untersuchungen über.

Es sey C der Mitterpunct der Kräfte, A B, die noch un-^{Fig.} bekannte Bahn des Körpers, die durch den Winkel A C B = φ und ^{34.} den Abstand C B = z bestimmt werden soll. Ist nun B D die an die Bahn in B gezogene Tangente und p die Größe der in B wirkenden beschleunigenden Kraft, so ist, wenn man die Senkrechte C D = w auf die Tangente vom Mittelpuncte aus fället, die mit B D parallele, die Bewegung beschleunigende Kraft = $\frac{p \sqrt{(z^2 - w^2)}}{z}$;

die auf die Richtung der Bewegung senkrechte Kraft = $\frac{p \cdot w}{z}$

War nun die in B erlangte Geschwindigkeit = v, so ist $d v = \frac{2 g d t \cdot p \cdot \sqrt{(z^2 - w^2)}}{z}$ oder $v d v =$

$\frac{2 g d s \cdot p \cdot \sqrt{(z^2 - w^2)}}{z}$, und $\frac{p w}{z} = \frac{v^2}{2 g r}$, wenn r den Krümmungshalbmesser in diesem Punct bedeutet.

Diese Gleichungen reichen hin, um alle Umstände der Bewegung zu bestimmen; denn r läßt sich durch z und w, ds läßt sich durch eben die Größen ausdrücken, und folglich enthalten die Gleichungen nur die drei veränderlichen Größen v, w, z, wenn p gegeben ist, und es läßt sich aus beiden eine Gleichung für die Bahn, zwischen z und w, finden.

Um die Gleichungen bequemer darzustellen, wollen wir bemerken, daß $\cos C B D = - \frac{d z}{d s} = \frac{\sqrt{(z^2 - w^2)}}{z}$, wo das — Zeichen steht, weil z abnimmt, wenn C B D ein spitzer Winkel ist. Die vorige erste Formel giebt also

$$v d v = - 2 g p d z.$$

woraus $\frac{v^2}{4g} = \frac{c^2}{4g} - \int p d z$, folgt, wenn c die an einem gewissen Orte statt findende Anfangsgeschwindigkeit bedeutet.

Diese Formel spricht den in Nr. 3. angeführten Satz aus, der also hier vollständig erwiesen ist

Um die andere Formel bequemer darzustellen, müssen wir r durch z und w ausdrücken. Bekanntlich ist $r = \frac{ds}{d\psi}$, wenn

$d\psi$ den Krümmungswinkel bedeutet; aber wenn man die beiden Tangenten BD , bd zieht, die den Winkel $= d\psi$ mit einander machen, so ist $DD = -dw = BD \cdot d\psi$

also $d\psi = \frac{-dw}{\sqrt{(z^2 - w^2)}}$, und da auch $ds = \frac{-zdz}{\sqrt{(z^2 - w^2)}}$

war, $\frac{ds}{d\psi} = r = \frac{zdz}{dw}$ also $v^2 = 2gp \cdot \frac{wdz}{dw}$, und ver-

möge der erste Gleichung $v dv = -2gp dz$, also durch

Division $\frac{dv}{v} = \frac{-dw}{w}$, und $v = \frac{C}{w}$, $v \cdot w = C$.

Dies ist der in Nr. 2. ausgesprochne Satz; denn v ist der in 1 Sec. durchlaufene Weg, und folglich v die Basis, w die Höhe des in 1 Sec. durchlaufenen Sectors, dessen doppelter Inhalt also $= C$, unveränderlich ist.

Setzt man diesen Werth von v , $v = \frac{C}{w}$ in die Gleichung $v^2 = \frac{2gpw dz}{dw}$, so ist $C^2 = \frac{2gp \cdot w^3 \cdot dz}{dw}$ eine Gleichung,

welche die Bahn des bewegten Körpers bestimmt, wenn p eine gegebne Function von z ist.

Anwendung auf die Planetenbahnen.

13. Es sey $z = \frac{\frac{1}{2}P}{1 + \cos. \varphi \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{P}{2a}\right)}}$ die Gleichung für einen Kegelschnitt,

also $\cos. \varphi = \frac{\frac{P}{2z} - 1}{\sqrt{\left(1 - \frac{P}{2a}\right)}}$;

$d\varphi \cdot \sin. \varphi = \frac{\frac{1}{2}P dz}{z^2 \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{P}{2a}\right)}}$

Nun ist, wenn w noch immer die Senkrechte auf die Tangente bedeutet, bei jeder Curve $\frac{w}{z} = \frac{z \, d\varphi}{d s}$ oder

$$w = \frac{z^2 \, d\varphi}{\sqrt{(d z^2 + z^2 \, d\varphi^2)}}, \text{ das ist in unserm Falle}$$

$$w = \frac{\frac{1}{2} P z}{\sqrt{(\frac{1}{4} P^2 + z^2 \sin^2 \varphi (1 - \frac{P}{2 a}))}, \text{ oder weil}$$

$$\sin^2 \varphi \cdot (1 - \frac{P}{2 a}) \text{ hier } = \frac{P}{z} - \frac{P}{2 a} - \frac{P^2}{4 z^2}; \text{ so ist}$$

$$\frac{1}{w^2} = \frac{4}{P z} - = \frac{2}{P a} \text{ und } \frac{d w}{w^3} = \frac{2 \, d z}{P z^2}.$$

Für die Centralbewegung sollte aber seyn $p = \frac{C^2 \, d w}{2 g \cdot w^3 \cdot d z}$.

also muß hier $p = \frac{C^2}{g P z^2}$, die anziehende Kraft dem Quadrate des Abstands z umgekehrt proportional seyn, wenn der Körper einen Kegelschnitt durchlaufen soll.

14. Nehmen wir umgekehrt an, es solle das Gesetz der Kraft seyn $p = \frac{A^2}{z^2}$ und man verlange die Curve zu bestimmen,

die der Körper dann durchlaufen wird, so würden wir

die letzte Gleichung in Nr. 12. durch $C^2 = \frac{2 g A^2 w^3 \, d t}{z^2 \, d w}$

ausgedrückt erhalten. Daraus würde $\frac{C^2}{2 w^2} = \frac{2 g A^2}{z} + B$ folgen,

als Gleichung für die gesuchte Curve. Da wir aber eben nicht gewohnt sind, eine Curve durch den Abstand z und die Senkrechte w auf die Tangente darzustellen, so suchen wir w wegzuschaffen, und dafür jede Curve

$$\frac{1}{w^2} = \frac{d z^2}{z^4 \, d\varphi^2} + \frac{1}{z^2} \text{ ist,}$$

(vgl. Nr. 13), so giebt die vorige Gleichung

$$\frac{C^2 \, d z^2}{2 z^4 \, d\varphi^2} + \frac{C^2}{2 z^2} = \frac{2 g A^2}{z} + B,$$

$$C^2 \, d z^2 = (2 B z^4 + 4 g A^2 z^3 - C^2 z^2) \, d\varphi^2 \text{ oder}$$

$$d\varphi = \frac{C \, d z}{z \sqrt{(2 B z^2 + 4 g A^2 z - C^2)}}$$

Das Integral $\int \frac{dz}{z \sqrt{(\alpha z^2 + \beta z - \gamma)}}$

ist aber $= \text{Const.} - \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \text{Arc. Tg.} \frac{2\gamma - \beta z}{2\sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{(\alpha z^2 + \beta z - \gamma)}}$

also $\varphi = \text{Const.} - \text{Arc. Tang.} \frac{C^2 - 2gA^2z}{C\sqrt{(2Bz^2 + 4gA^2z - C^2)}}$

oder wenn ich die Const. $= D$ nenne,

$\text{Tang. } (D - \varphi) = \frac{C^2 - 2gA^2z}{C\sqrt{(2Bz^2 + 4gA^2z - C^2)}}$

und $\text{Sin } (D - \varphi) = \frac{C^2 - 2gA^2z}{z\sqrt{(2BC^2 + 4g^2A^4)}}$

oder $z = \frac{C^2}{2gA^2 + \sqrt{(2BC^2 + 4g^2A^4)} \text{Sin. } (D - \varphi)}$

Dies ist die allgemeine Gleichung für die Curve, welche beschrieben werden kann. Sie ist aber ganz mit der Gleichung für die Kegelschnitte einerley, wenn $\omega = 90^\circ - D + \varphi$ den Winkel bedeutet, den der Radius Vector mit der Haupt-Axe einschließt, denn alsdann ist

$$z = \frac{C^2}{2gA^2 + \text{Cos. } \omega \cdot \sqrt{(2BC^2 + 4g^2A^4)}}$$

und es ist $\frac{1}{2} P = \frac{C^2}{2gA^2}$ der halbe Parameter des Kegelschnitts

und $\frac{2BC^2}{4g^2A^4}$ ist $= \frac{P}{2a}$, also die halbe große Axe

$a = \frac{gA^2}{B}$, wie die Vergleichung der für alle Kegelschnitte passenden Gleichung Nr. 13. zeigt.

Die große Axe ist also negativ oder die Curve ist eine Ellipse, wenn B negativ ist; die Curve ist eine Hyperbel, wenn B positiv ist, und endlich eine Parabel, wenn $B = 0$ ist.

Wenn $\omega = 0$ ist, so befindet sich der bewegte Körper in der kleinsten Entfernung vom anziehenden Körper, weil dann der aus zwei positiven Gliedern bestehende Nenner am grössten ist. Für ein negatives B erhält z seinen grössten Werth, wenn $\omega = 180^\circ$ ist, und in der Ellipse ist also da der bewegte Körper in seinen grössten Abstände vom anziehenden Körper. Für $B = 0$ wird mit wachsendem ω , z immer grösser und

z wächst ins Unendliche, wenn ω sich dem Werthe $= 180^\circ$ nähert; der Körper läuft auf dem Aste der Parabel ins Unendliche hinaus. Ist endlich B positiv, so wächst z mit zunehmendem Werthe von ω immerfort, bis

$$\cos. \omega = - \frac{2 g A^2}{\sqrt{(2 B C^2 + 4 g^2 A^4)}}$$

ist, oder diesen Werth, wo der Radius Vector mit der Asymptete der Hyperbel parallel wäre, erreicht ω niemals vollkommen, wenn sich auch der Körper auf dem Aste der Hyperbel noch so weit entfernt.

Dies alles gilt, wenn die Kraft $= \frac{A^2}{z^2}$ eine anziehende ist; eine abstoßende Kraft müßte man durch $-\frac{A^2}{z^2}$ ausdrücken, und also A^2 überall mit $-$ bezeichnen. Für eine abstoßende Kraft ist also

$$z = \frac{C^2}{-2 g A^2 + \cos. \omega \sqrt{(2 B C^2 + 4 g^2 A^4)}}$$

und auch dieses ist eine Gleichung für die Hyperbel, weil, wie sogleich sich zeigen wird, B allemal positiv ist, für diesen Fall. Hier entspricht

$$z = \frac{C^2}{-2 g A^2 + \sqrt{(2 B C^2 + 4 g^2 A^4)}}$$

dem andern Endpunkte der Axe oder dem Punkte, wo die gegen den Brennpunct convexe Hälfte der Hyperbel diesem am nächsten ist; auch hier nimmt z zu, wenn ω zunimmt und z wird schon unendlich, wenn

$$\cos. \omega = \frac{2 g A^2}{\sqrt{(2 B C^2 + 4 g^2 A^4)}}$$

ist, der Körper geht auf dem Aste des entfernteren Theiles der Hyperbel fort.

15. Um deutlicher zu übersehen, wenn denn B positiv, $= 0$, oder negativ werde, müssen wir die zwei durch Integration eingeführten constanten Größen B, C , näher bestimmen.

Von C habe ich schon bemerkt, daß es den doppelten in der Zeit Einheit beschriebenen Sector bezeichnet. Heißt also der kleinste Abstand des bewegten Körpers $= h$, und ist, wenn er sich da befindet, seine Geschwindigkeit $= c$, so ist

$C = h c$, weil hier die Richtung der Bewegung senkrecht den Radius Vector ist.

Die Gröſſe A ist durch die absolute Gröſſe der anziehenden Kraft p bestimmt; sie ist nämlich gleich dem Abstand von Centro, in welchem $p = 1$ der als Einheit angenommenen Kraft gleich ist. Bezieht sich also g auf die Schwere, bezeichnet g den vermöge der Schwerkraft in der ersten Sekunde durchlaufenen Fallraum, so ist A die Entfernung, in welcher die Attractionskraft des Punctes C der Schwerkraft g gleich ist. Damit ist dann auch B bestimmt. In dem Perihelium $z = w = h$ weil der Radius Vector senkrecht auf der Tangente ist, also

$$B = \frac{h^2 c^2}{2 h^2} - \frac{2 g A^2}{h} = \frac{c^2 h - 4 g A^2}{2 h}.$$

Und nun erhellt, daß der Körper in einer Parabel läuft, wenn

$$\frac{C^2}{4 g} = \frac{A^2}{h}; \text{ in einer Ellipse, wenn } \frac{C^2}{4 g} < \frac{A^2}{h}, \text{ in einer}$$

$$\text{Hyperbel, wenn } \frac{C^2}{4 g} > \frac{A^2}{h} \text{ ist.}$$

Soll die Gleichung für den Kreis passen, so muß $\frac{1}{2} P = -$ also $- B C^2 = 2 g^2 A^4$ seyn (weil die Ellipse hier hervorgeht, wenn a negativ war); das ist, es muß $\frac{C^2}{4 g} = \frac{A^2}{2 h}$ seyn.

Geschichte dieser Lehren.

16. GALILAEI, der zuerst krummlinige Bewegungen nach mathematischen Regeln bestimmte, blieb bei der Betrachtung der geworfenen Körper, auf welche die Schwere wirkt, stehen und seine Untersuchung gehören also nicht ganz hieher. HUGENS machte zuerst die wichtigen Sätze von der Schwingung im Kreise bekannt¹ und zwar anfangs ohne Beweis. Die Beweise finden sich in den erst nach seinem Tode herausgegebenen Werken², die eine eigne Abhandlung de vi centrifuga enthalten. Er benutzte diese Lehre nicht bloß, um die Untersuchung ü

1. Horologium oscillatorium. Paris. 1673.

2. HUGENII opusc. posth. Amstelod. 1728. Tom. II. pag. 105.

das Pendel darauf zu gründen, sondern zeigte auch, daß wegen der Schwungkraft die Erde abgeplattet seyn müsse, u. s. w. Ganz vollendet stellte NEWTON die Theorie der Centralbewegung in seinen Principien dar³; er bewies dort alle hier mitgetheilten Sätze nach der synthetischen Methode, in welcher das ganze Buch geschrieben ist. Er lehrte die Bestimmung der anziehenden Kraft auch für andere gegebene Bahnen der Körper; untersuchte, welche Folgen es hat, wenn der anziehende Körper selbst eine Bewegung hat; und gründete darauf die Untersuchung über die Bewegungen der Planeten und des Mondes.

Nachdem durch dieses Werk, dessen Ruhm gewiß mit Recht unsterblich heißen kann, der Grund zu einer vollkommeneren Kenntniß der Bewegungen auf krummen Linien gegeben worden, war es minder schwer, theils dieselben Lehren in analytischer Form darzustellen, theils sie mit neuen Lehrsätzen zu bereichern. Dieses ist von EULER, LAGRANGE, LAPLACE, OLBERS, GAUSS u. a. geschehen; und diese Lehren findet man jetzt in allen guten Lehrbüchern der Mechanik. B.

Centralfeuer, S. Erde. Temperatur derselben.

Centralkraft.

Vis centralis; *force centrale*; *centralforce*. Eine Kraft, welche den bewegten Körper immer gegen einen bestimmten Punct hin zu ziehen, oder abstoßend ihn von demselben zu entfernen strebt, heißt Centralkraft. Die Bewegung, die vermöge der Einwirkung solcher Centralkräfte entsteht, ist in dem Artikel *Centralbewegung* betrachtet werden. Wenn die Kraft gegen den Mittelpunkt zu wirkt, so heißt sie *Centripetalkraft* und nöthiget den Körper, dessen Bewegung nicht gerade gegen den Mittelpunkt zu gerichtet ist, eine krumme Linie zu durchlaufen, die hohl gegen den anziehenden Mittelpunkt ist. Wenn die Kraft abstoßend wirkt, so würde sie eine eigentliche Centrifugalkraft seyn, und den Körper nöthigen, eine Curve zu durchlaufen, deren convexe Seite dem abstoßen-

3. Principia philos. naturalis Lib. I. Sect. 2. 3.

den Mittelpunkt zugewandt wäre. Die Sonne besitzt eine Centralkraft, durch welche sie die Planeten und Kometen in ihren Bahnen erhält. da diese Kraft eine anziehende und umgekehrt den Quadraten der Entfernung proportional ist, so müssen die Bahnen der Planeten und Kometen Ellipsen, Parabeln oder Hyperbeln seyn, und was die Hyperbel betrifft, so müßte der Körper sich in derjenigen Hälfte der Hyperbel bewegen, die ihre hohle Seite gegen die Sonne kehrt. Gäbe es Körper, welche die Sonne abstoßend wirkte und gleichfalls so, daß die Kräfte umgekehrt den Quadraten der Entfernung proportional wären, so müßten solche Körper in Hyperbeln laufen, und zwar in derjenigen Hälfte der Hyperbel, die ihre Convexität gegen die Sonne kehrt. Die Gründe hierfür sind in Art. *Centralbewegung*. Nr. 14. 15. dargelegt.

Zu den Centralkräften gehört sodann noch die aus der Trägheit des Körpers hervorgehende *Schwungkraft*, die als eine vom Krümmungsmittelpunkte abwärts strebende Kraft zeigt. Warum man sie als eine der Centralkraft, von welcher die Bewegung regiert wird, oder vielmehr der aus ihr entspringenden Normalkraft, entgegen wirkende Kraft ansehen kann und wie ihre Größe bestimmt wird, ist im Art. *Centrifugalkraft* angegeben.

Aufgabe der Centralkräfte nennt man die Frage, wie aus der gegebenen krummen Linie das Gesetz der wirkenden Centralkraft gefunden werden könne. Ein Beispiel giebt die Art. *Centralbewegung*. Nr. 13. und NEWTON beantwortet mehrere solche Fragen. Die *verkehrte Aufgabe der Centralkräfte* ist dagegen diejenige, wo man die Beschaffenheit der Bahn aus dem Gesetze der Kraft will kennen lernen, was im Art. *Centralbewegung*. Nr. 14. 15. geschehen ist. Völlig allgemein hat JOH. BERNOULLI diese zuerst aufgelöst. B.

Centrifugalkraft.

Vis centrifuga; force centrifuge; centrifugal force ist eine Kraft, die eine Entfernung von einem bestimmten M

1. Principia. Lib. I. Sect. 2. 3. Propos. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13.

2. Opera Tom. I. p. 470.

zu bewirken strebt. Man versteht gewöhnlich die *Schwingkraft* darunter, die nicht als eine ursprüngliche angesehen, sondern bloß eine Folge der Trägheit der Bewegung ist. Warum man sie gleichwohl eine Kraft nennt, erhellt aus dem, was im Art. *Centralbewegung*, Nr. 6 gesagt worden ist. Da sie einer Kraft das Gleichgewicht hält, so muß sie eine Kraft seyn, deren Maß nach den dort angegebenen Principien richtig bestimmt wird. Ihre Größe ist dort durch die Vergleichung gegen die Schwere, oder diejenige als Einheit angenommene Kraft bestimmt, die 1 Sec. wirkend dem Körper die Geschwindigkeit $= 2 \cdot g$ ertheilt. Sie ist also dort als *beschleunigende* Kraft angesehen worden, und die folgenden Betrachtungen werden noch etwas näher zeigen, mit welcher Berechtigung wir sie so betrachten dürfen, und in welcher Hinsicht man sie als *bewegende* Kraft ansehen kann.

Nehmen wir an man eine Kugel, deren Gewicht ich 1 Pfund setzen will, an einem Faden gehalten, im Kreise schwingt, so wird sie durch die Schwingkraft gespannt erhalten und kann nicht von ihr zerrissen werden. Könnte man einen Faden finden, der ganz genau ein Pfund tragen könnte, oder durch ein längtes Gewicht, das nur irgend mehr als ein Pfund zerrissen würde, so dürfte man, wenn des Fadens Länge r wäre, die Geschwindigkeit nicht über $c = \sqrt{2 \cdot g \cdot r}$ vergrößern, sonst risse der Faden. Sobald nämlich $c^2 = 2 \cdot g \cdot r$ ist, die Schwingkraft eben die Gewalt, wie die Schwere, und die Masse, die wir ein Pfund nennen, übt dann eben so großen Druck, eine eben so große bewegende Kraft vermöge der Schwingkraft, als vermöge der Schwere aus. Würde man an denselben Faden eine Masse, die nur $\frac{1}{4}$ Pfund wiege befestigt, so müßte man die Geschwindigkeit vergrößern, wenn r denselben Werth behält, um einen viermal so großen Werth der Schwingkraft, als beschleunigende Kraft zu erhalten; diese vierfache Kraft bewirkt, daß die Masse so stark drückt, als ein ganzes der Wirkung der Schwere ausgesetzt Pfund, und dieses Viertelpfund kann bei derselben Geschwindigkeit wieder den Faden zerreißen.

Nun zum Beispiel $r = 1$ Fuß, $2g = 30$ Fuß, $c = 5\frac{1}{2}$ Fuß,

so nahe $p = \frac{c^2}{2 \cdot g \cdot r} = 1$, und das mit $5\frac{1}{2}$ Fuß Geschwin-

digkeit bewegte ganze Pfund würde den Faden zerreißen; aber um mit dem herumgeschwungenen Viertelpfunde den Faden zu zerreißen, müßte man demselben eine Geschwindigkeit von etwa 11 Fuß in der Secunde geben.

Von dieser Schwungkraft hängen viele Erscheinungen ab. Wie sie bei der Bewegung geworfener Körper in Betrachtung kommt, zeigt der Art. *Centralbewegung*. — Die sphäroidische Gestalt der Erde wird durch die Schwungkraft hervorgebracht, indem diese der Schwerkraft entgegen wirkt, daher den Körpern auf der Erde einen Theil ihrer Schwere raubt, und dies am meisten um den Aequator, wo sich deshalb, um den Gegendruck herzustellen, eine größere Wassermenge anhäuft. — Von der Schwungkraft hängen die Wirbel ab, die wir in fließendem Wasser sehen; — die mit ziemlich bedeutender Geschwindigkeit um einen Mittelpunkt laufenden Theilchen streben, sich von diesem Mittelpunkte zu entfernen, und da das umgebende Wasser dies nicht ganz gestattet, so steht das Wasser am Rande des Wirbels höher, in der Mitte tiefer, und hier oft sehr bedeutend tief, wo dann der Platz mit Schaum, d. i. Luft, die nur sehr wenig Wasser zwischen sich hat, ausgefüllt ist.

B.

Centrifugalmaschine,

the whirlingtable, ein Instrument, woran man durch Umdrehung einer horizontalen Scheibe die Wirkungen der Schwungkraft zeigen kann.

1. Die Einrichtung derselben besteht im Wesentlichen darin, daß eine oder zwei horizontale Scheiben, meistens mittelst einer Schnur ohne Ende durch ein Rad, oder eine Scheibe welche man dreht, in eine schnelle Bewegung gesetzt werden. Hierbei kann man eine ungleiche Geschwindigkeit jener Scheibe, die ich die Schwungscheibe nennen will, durch mehr oder minder schnelles Drehen des Rades bewirken, und überdies hat jeder auf der Schwungscheibe weiter vom Mittelpunkte entfernte Punkt eine größere Geschwindigkeit. Weist man, wie viele Umläufe die Schwungscheibe macht, während sich das mit der Hand gedrehte Rad einmal dreht, so kann

ist die wahre Geschwindigkeit jedes Punctes auf der bestimmen.

Es gibt mehrere Constructionen dieser Maschine, und die deren man sich zur Erläuterung der Erscheinungen ungekraft bedient, sind mehr oder minder zusammen und zahlreich, lassen sich aber leicht auffinden und ab- Aufser den älteren Maschinen findet man am häufig- durch FERGUSON² beschriebene; eleganter und besser wurde aber ist die von DESAGÜLIERS³ angegebene mit Verbesserungen, welche NAIRNE hinzugefügt hat. Sie ist Fig. 35. in der Zeichnung leicht zu erkennen, und mit zwei dazu ge- apparaten dargestellt.

Die, die man mit der Centrifugalma- schine anzustellen pflegt.

Man schraubt auf die Mitte der Scheibe den Träger, Fig. 1 ein dünnes, sehr glattes Metallstäbchen C D angebracht³⁶. In dieses Stäbchen schiebt man Kugeln, die durch den Stab durchbohrt, und deren zwei vermittelst eines jeder einer metallenen Röhre verbunden sind. Das Stäbchen selbst ist von dem Puncte aus, welcher dem Centrum der Scheibe entspricht, getheilt, so dafs man die Kugeln auf verschiedene Entfernungen vom Mittelpuncte stellen kann.

Nimmt man nun zuerst zwei gleiche Kugeln und stellt sie auf gleiche Entfernungen vom Mittelpuncte, und an entgegengesetzten Seiten desselben, so schiebt sich die entferntere, wenn die Drehung nur stark genug ist, damit die Schwun- genkraft überwinden könne, so weit als möglich vom Mittelpuncte weg, und zieht die andere Kugel, wenn sie jenseits des Mittelpunctes steht, mit sich. — Die Schwungkraft der entfernteren Kugel ist also gröfser die der nähern, wenn ihre Massen

Dies folgt aus der Formel⁴ $p = \frac{2 \pi^2 r}{g T^2}$, weil die

—
1. HUTTON Dict. II. 602.
2. LECTURES on Mechanics lect. 2.
3. Mémoires de Phys. I. 330.
4. Centralbewegung Nr. 7.

Umlaufszeit hier für beide gleich ist. Wären beide Kugeln an derselben Seite des Mittelpunctes, so würden beide ein gleiches Bestreben haben, sich nach eben der Seite hin so weit als möglich zu entfernen und müßten also bei jeder Bewegung ruhen.

4. Wählt man zwei ungleiche Kugeln, deren Gewichte sich wie m zu n verhalten, und stellt sie einander so gegenüber an verschiedenen Seiten des Mittelpunctes, daß sich die Entfernungen umgekehrt wie die Gewichte verhalten, so bleiben sie bei der Drehung unverändert in ihrer Stellung. Die bewegenden Kräfte sind nämlich, wenn der Abstand der ersten $= n a$, der zweite $= m a$ ist, gleich für diese Massen, weil die beschleunigende Kraft $= \frac{2\pi^2 n a}{g T^2}$ auf die Masse m wirkend, eben den Druck hervorbringt, wie die beschleunigende Kraft $= \frac{2\pi^2 m a}{g T^2}$, wenn sie auf die Masse n wirkt. Dieser Versuch läßt sich nicht gut ausführen, weil es schwer ist, das Maß der Entfernungen so streng, als es erforderlich wäre, zu nehmen, zumal da eine auch nur geringe Dehnung des Fadens das Verhältniß der Entfernungen leicht ein wenig ändert. Man kann statt dessen lieber es so einrichten, daß die Entfernung der Kugel, deren Masse m ist, etwas wenigens zu groß sey; dann entfernt sie sich vom Mittelpuncte und zieht die andre mit fort; und wenn man dagegen in einem zweiten Versuche die Entfernung der andern Kugel mit Fleiß ein wenig zu groß nimmt, so zieht diese jene mit fort, so daß leicht erhellt, das Gleichgewicht werde eintreten, wenn man die Entfernungen ganz genau jener Regel gemäß genommen hätte.

5. In der geneigten Röhre $a D$ befinden sich Wasser und Quecksilber. So lange die Schwungscheibe ruht, ist das Quecksilber unten, das Wasser oben; aber sobald die Scheibe in schnelle Bewegung gesetzt wird, drängt sich das Quecksilber nach oben. Dies erklärt sich leicht aus den Gesetzen der Schwungkraft; denn wenn man die an das Wasser grenzende Quecksilberschicht und die benachbarte Wasserschicht, die ich beide als von gleichem Volumen ansehen will, betrachte, so wirkt auf beide sehr nahe dieselbe beschleunigende Kraft, aber das vierzehnmahl so dichte Quecksilber übt, wegen seines

so grossen Masse, bei gleich einwirkender Beschleunigung 14 mal so grossen Druck aus, und treibt das Wasser Stelle. Da dies überall, wo Wasser und Quecksilber geschwungenen Röhre an einander grenzen, ebenso der so drängt sich alles Quecksilber nach dem entfernten Ende der Röhre hin, und thut dies selbst dann, wenn die Neigung der Röhren gegen den Horizont die Schwere überwiegen werden muß.

Man kann auf folgende Weise läßt sich diese Wirkung der Kraft anschaulich machen. Man nimmt eine Glaskugel Fig. 37.

3 Z. im Durchmesser haltend, mit einem Stiele a a³⁷. Man schraubt ihn in Messing, und schraubt ihn mittelst dieser auf die Schwungscheibe, daß die lothrechte Linie durch das Centrum der Kugel und die Axe des Stiels geht, füllt sie bis zur Hälfte mit denjenigen Flüssigkeiten, welche in dem Elementenglas enthält,¹ so daß diese in Ruhe die Schichten $\gamma\gamma$, $\delta\delta$ bilden, und verstopft die obere Oeffnung, und schließt sie hermetisch. Giebt man hernach dem Apparat schnelle drehende Bewegung um seine Axe mittelst der Schwungmaschine, so legen sich die verschieden schweren Flüssigkeiten in concentrische Lagen, das Quecksilber nach aussen, und die leichteste Luft in den innersten Raum ein.

Man kann bei dieser Schwungmaschine eine Einrichtung machen, um die Grösse der Schwungkraft geradezu abzumessen. Zu diesem Zwecke wird in der Mitte des bisher betrachteten Trägers eine aufrechtstehende Säule errichtet, woran eine Rolle befindet. Eine auf dem Stäbchen C D Fig. 35. eine Kugel oder eine sonstige Masse von bekanntem Gewicht an einem Faden befestiget, der über die Rolle gehend am Ende ein Gewicht trägt. Stellt man die Kugel so am Faden erlaubt, vom Mittelpunkte entfernt, während sie noch unten aufliegt, und setzt die Scheibe in eine schnelle Bewegung, so entfernt sich die Kugel noch vom Mittelpunkte und hebt das Gewicht. Will man die Kraft nicht, wie es bei der eben beschriebenen Ein-

Elementenglas.

richtung der Fall wäre, einen Zug in schiefer Richtung ausüben lassen, so bringt man bei A eine Rolle und senkrecht über A in der Höhe die zweite Rolle B an, damit der Faden von E nach A horizontal und dann senkrecht hinauf läuft und über die obere Rolle fortgeht. Die Sperrung auf der gezahnten Stange dient zum bequemen Feststellen der Kugel. Wenn die Maschine so eingerichtet ist, daß man die Schnelligkeit der Umdrehungen ziemlich genau bestimmen kann, so liefse sich hieran ein förmliches Experiment zur Abmessung der Schwungkraft knüpfen. Das Gewicht der Kugel sey $= \frac{1}{2}$ Pfund, das zu hebende Gewicht $= 1$ Pfund, und die Kugel stehe $\frac{1}{2}$ Fuß vom Mittelpunkte, so müßte die Geschwindigkeit fast $= 8$ Fuß in der Secunde seyn, damit $\frac{c^2}{2gr} = \frac{64}{30 \cdot 1}$ reichlich $= 2$ würde,

um das doppelt so schwere Gewicht zu heben, und auch noch die Reibung zu überwinden. Das Experiment würde genau die hier nur ungefähr berechnete Geschwindigkeit angeben.

7. Wenn man an einer senkrechten glatten Axe vier bis sechs sehr dünne, elastische, kreisförmige Reifen unten befestigt, oben aber die Axe A B frei durch sie hindurchgehen läßt und ihnen hierdurch erlaubt, eine elliptische Gestalt mit verkürztem Verticaldurchmesser anzunehmen, so wird, sobald man sie mittelst der Axe auf die Schwungscheibe schraubt, und mit ihr die elastischen kreisförmigen Reifen in Drehung setzt, die Schwungkraft den von der Axe entfernten Theilen ein Bestreben geben, sich mehr von der Axe zu entfernen, und dadurch werden die Reifen abgeplattet, elliptisch, so daß die verticale Axe die kürzere ist. Bei schneller Drehung hat es dann den Anschein, als ob man einen sphäroidischen Körper vor sich hätte. Dieses Experiment pflegt man als die Ursache der sphäroidischen Gestalt der Erde erläutern anzuführen; und obgleich es hier die Elasticität der kreisförmigen Reifen, bei der Erde die Schwere ist, welche ursprünglich die Kreisform im einen, die Kugelform im andern zu erhalten strebt, so ist es wenigstens doch in beiden die Schwungkraft, welche die Aenderung bewirkt¹.

8. LANGSDORFS Schwungmaschine gehört endlich auch noch

¹ Mehr Experimente lehrt FERGUSON, lectures on several Subjects pag. 18.

Eine verticale Röhre A B, die sich oben in zwei bo-
 e ein wenig gebogene Arme B C, B D endiget, ist bei A Fig.
 Wasserfläche E F eingetaucht. Bei G ist sie mit einem ^{39.}
 umgeben, der vermittelst des Rades H in schnelle Dre-
 regung gesetzt werden kann. Um die Maschine in Thätig-
 stzen, wird die ganze Röhre, die bei A mit einem sich ober-
 stehenden Ventil versehen ist, von oben mit Wasser gefüllt,
 und das Rad H gedrehet und so auch die Röhre C B A D in
 Schwungbewegung gesetzt. Dieser Schwung ertheilt
 in und D liegenden Wassertheilchen ein Bestreben, sich
 von puncte B zu entfernen, und das Wasser fließt daher
 weil aber der Druck der Atmosphäre auf E F nicht
 daß irgendwo in der Röhre ein leerer Raum entstehe,
 das gesamte Wasser in B C sich nach C, das gesamte
 in B D sich nach D drängt, so tritt immer neues Wasser
 in die Röhre, so daß vermöge dieses Saugens bei A und
 Abflusses in C D, fortwährend Wasser gehoben und bei
 G ausgegossen wird. — — Man kann also mit dieser Ma-
 schine mit einer Saugpumpe das Wasser heben und aus-
 sen unter E F fortschaffen. LANGSDORF nennt sie daher
Schwungmaschine. B.

Centrifugalpendel.

in centrifugum. Das Centrifugalpendel, welches
 zuerst wirklich ausgeführt zu haben scheint², besteht
 aus einer Kugel, die an einer Stange befestiget, statt der gewöhn-
 lichen Pendelschwingungen eine Kreisbewegung macht. Stellt
 man nämlich die Pendelstange in einiger Entfernung von
 einem Punkte so frei aufgehängt vor, daß sie sich nach
 allen Seiten hin bewegen kann, so wird sie, wenn man der
 aufgehobenen Kugel eine Geschwindigkeit ertheilt, deren
 Richtung nicht in der durch die Pendelstange gelegten Vertical-
 ebene eine Kreisbewegung annehmen, und die ganze Stange
 eine Kegelfläche beschreiben.

LANGSDORF'S Lehrbuch der Hydraulik. S. 352.
 KVI. 494.

Die Gesetze dieser Bewegung kannte schon HUYGEN. PFAFFIUS hat dieses Pendel angewandt, um eine Uhr zu treiben. Das obere, jenseit des Aufhängepunctes liegende Ende der Stange greift nämlich in einen Einschnitt einer Kurbel ein, und diese dreht, indem sie mit dem kreisenden Pendel fortgeführt wird, ein Getriebe, durch welches das Uhrwerk in Bewegung gesetzt wird. — Er hat es späterhin auch zu Tertian-Uhr angewandt.

Um die kreisförmige Bewegung zu erhalten, hat Pfaff es so eingerichtet, daß das Lager, worauf die Schneide, die dem Pendel zum Ruhepuncte dient, aufliegt, wieder auf einer Schneide schwingt, und beide Schneiden einen rechten Winkel mit einander machen. B.

Centripetalkraft.

Vis centripeta; force centripète; *centripetal force*. Die Kraft, die einen bewegten Körper gegen den Mittelpunkt der Kräfte hin anzieht. Wenn ihre Richtung mit der Richtung der Bewegung des Körpers übereinstimmt, so hat dieser bloß eine geradlinige Bewegung, und zwar eine beschleunigte Bewegung, wenn er auf den Mittelpunkt zu geht, eine verzögerte Bewegung, wenn er sich geradezu vom Mittelpuncte der anziehenden Kräfte entfernt. Ist die Richtung der Bewegung senkrecht gegen die Richtung der Kraft, so bringt die Kraft weder eine Beschleunigung noch eine Verzögerung der Bewegung hervor, sondern bewirkt bloß eine Krümmung der Bahn. Ist die Richtung der Kraft unter einem schiefen Winkel gegen die Richtung der Bewegung geneigt, so zerlegt man am besten die Kraft in eine Normalkraft, senkrecht auf die Richtung der Bewegung, und in eine Tangentialkraft, übereinstimmend mit der Richtung der Bewegung: jene wirkt bloß auf die Krümmung der Bahn, diese beschleunigt die Bewegung, wenn sie mit der Richtung der Bewegung zusammenfällt, oder verzögert sie, wenn sie der Richtung der Bewegung entgegen gesetzt ist ².

B.

1 Hugenii opera posthuma. Tom. II. p. 126. Auch gehören Bernoulli's Untersuchungen über die pendula turbinantia hieher. Opera Johannis Bernoulli Tom. II. Nr. 97.

2 Vergl. Centralbewegung.

Ceres.

des Planeten, der seine Bahn zwischen Mars und Jupiter.
Das Zeichen dieses Planeten ist ♄.

Geschichte der Entdeckung.

der Entdeckung des Uranus war von mehreren Astronomen der Gedanke geäußert worden, daß es nicht unmöglich noch andre Planeten zu entdecken. Die schon früher obenhin angedeutete und von BODE bestimmtere Bemerkung, daß der Zwischenraum zwischen dem Jupiter zu groß erscheine, und daß das bei den Planeten nahe richtige Gesetz, daß die Entfernung von der Sonne

den Mercurius = 4;

Venus = $4 + 8$;

Erde = $4 + 2 \cdot 8$;

Mars = $4 + 4 \cdot 8$;

$x = 4 + 8 \cdot 8$;

Jupiter = $4 + 16 \cdot 8$;

Saturn = $4 + 32 \cdot 8$

da eine Lücke zeige, leitete die Vermuthung darauf, es möge noch ein unentdeckter Planet seine Bahn haben, um als man auch die Entfernung des Uranus dem Gesetze nach. Das Bemühen einiger Astronomen, durch genaue Bestimmung der Lage selbst der kleineren Sterne, die in der Ekliptik ziemlich nahe stehen, einen unter ihnen wankenden Planeten durch seine Ortsveränderung zu erkennen, war bisher nicht vollkommen genug durchgeführt worden, um Erfolg zu gewähren, als im April 1801 bekannt wurde, PIAZZI einen Kometen ohne Nebel entdeckt, der seine rückläufige Bewegung mit einer rechtläufigen vertauscht habe, als er 36 Grade von der Opposition entfernt war. Da nun etwa in 44 Grad Abstand von der Opposition, Jupiter 4 Grad Abstand von der Opposition stillstehend wird, dies auf jenen vermutheten Planeten passen, und die Astronomen BODE und VON ZACH hatten sich einen Gedanken mitgetheilt, als man erfuhr, auch PIAZZI

PIAZZI selbst und ORIANI wären geneigt, diesen Himmelskörper für einen Planeten zwischen Mars und Jupiter anzusehen.¹

PIAZZI hatte diesen Stern am 1. Januar 1801 entdeckt, ² gleich am nächsten Abend seine Bewegung wahrgenommen und ihn nun fortwährend bis zum 11. Febr. beobachtet; ³ war ab dann durch eine Krankheit an ferneren Beobachtungen gehindert. Der Bogen, den der Planet unterdeß durchlaufen hatte schien zu klein, um eine genaue Bahn zu berechnen; mehrere Astronomen berechneten indeß außer der Kreisbahn, die die Beobachtungen ziemlich nahe Genüge that, auch noch Parabel BURKHARDT berechnete eine Ellipse, die indeß für nicht so sicher gehalten werden konnte, da man eine Ellipse nur mit Hülfe irgend einer willkürlichen Hypothese, daß der Planet der Sonnennähe oder der Sonnenferne nahe gewesen sey u. dgl. glaub erhalten zu können und die so bestimmte Ellipse fehlerhaft ausfallen könnte, als die Kreisbahn. Höchst wichtig war daher, daß GAUSS eine Methode entdeckte, um die elliptische Bahn ohne alle Hypothese über die Stellung des Planeten in der Bahn zur Zeit der Beobachtung zu bestimmen. PIAZZI's nun vollständig bekannt gewordene Beobachtungen schienen GAUSS so genau, daß sie eine sorgfältige Berechnung nach dieser neuen Methode der Bahnbestimmung verdienten, und machte die hiernach bestimmte Ellipse bekannt. Diese führte zu einer neuen Vorausberechnung des Ortes, wo man den Planeten bei seiner Wiedererscheinung zu Ende des Jahres suchen müsse, und diese Vorausberechnung gab den Ort um 6 bis 7 Grade von demjenigen verschieden an, den man bisher nach der Kreisbahn und der Burkhardtschen Ellipse vermuthet hatte. Uebrigens stimmte diese Gaussische Ellipse mit den Beobachtungen PIAZZI's ganz vollkommen überein, was bei allen früheren Bahnbestimmungen nicht in gleichem Grade der Fall war.

Die Astronomen richteten nun ihre Beobachtungen auf den Ort am Himmel, wo der Planet nach GAUSS stehen sollte und nun glückte es zwar von ZACH zuerst, ihn wieder zu

1 v. ZACHS mon. Corr. III. 602. 605. 607.

2 Mon. Corr. IV. 559.

3 Mon. Corr. IV. 639.

LEERS aber entdeckte ihn mit völliger Bestimmtheit, ehe er so glücklich war, seine Beobachtung völlig zu be-
 . Von ZACH nämlich hatte in der Nacht vom 7. zum 8.
 drei unbekannte Sterne beobachtet und aufgezeichnet,
 inner der scheinbaren Bahn des Planeten sehr nahe
 nach anhaltend trübem Wetter war es erst in der Nacht
 , Dec. zum 1. Jan. möglich zu entscheiden, daß dieser
 in seinem damaligen Orte nicht mehr stand, also der
 gewesen sey.² In eben dieser Nacht beobachtete von
 jeder mehrere Sterne in der Gegend, wo jetzt der Pla-
 net sollte, und am 11. Jan. fand sich einer derselben
 nicht mehr an seiner Stelle; von ZACH hatte also den
 gesehen. Aber unterdeß hatte am 1. Januar 1802
 die in der Gegend des Planeten stehenden Sterne beob-
 achtet und in ein Chärtchen eingetragen, am 2. Jan. sah er,
 daß derselben seinen Ort verändert hatte, und erkannte
 den Planeten in zwei verschiedenen Stellungen, als allein
 erkt unter den umgebenden Fixsternen; am 6. Jan. früh
 den Planeten genau so fortgerückt, wie es die Theorie
³ Und so war denn durch PIAZZI's höchst genaue
 Messungen und GAUSS's treffliche Berechnungsmethode die
 Auffindung eines Planeten möglich geworden, der
 aus der Piazzischen Beobachtungen heliocentrisch nur
 durchlaufen hatte; der Planet war nun unverlierbar den
 Astronomen bekannt.

PIAZZI selbst hatte den Wunsch geäußert, daß man den
 CERES FERDINANDEA (dem König FERDINAND von Nea-
 Sicilien zu Ehren) nennen möchte; aber nur der Na-
 me hat sich bei den Astronomen erhalten.

Elemente der Bahn.

Es wäre jetzt unnütz, die früheren Bemühungen für die
 Auffindung dieser Elemente anzuführen. Selbst die ersten
 von GAUSS, so sehr genügend zur Auffindung des

C. V. 90.

C. V. 172.

C. V. 174.

Planeten sie waren, bedurften doch noch sehr der Verbesserung; und selbst als mehrjährige Beobachtungen genauere Bestimmungen gegeben hatten, war es, wegen der starken Störungen welche die Ceres leidet, doch nur möglich, die von diesen Störungen noch afficirte Bahn eine den beobachteten Orten möglich angeschlossene Ellipse anzugeben. Jetzt, nachdem die wichtigsten Störungen in die Rechnung eingeführt sind, und eine sehr bedeutende Reihe von Beobachtungen nun schon mehr Umläufe umfaßt, sind die folgenden Elemente als der wahren elliptischen Bahn, wenigstens weit mehr genähert anzusehen.

Halbe große Axe = 2,767245.

Excentricität im J. 1806 = 0,0785028.

Jährliche Abnahme ders. = 0,00000583.

Umlaufszeit = 1681,4 Tage.

Mittlere tägliche trop. Bewegung = 770,"923.

Neigung der Bahn. 1806 = 10° 37' 31,"9.

Jährliche Abnahme ders. = 0,"44.

Länge des aufsteigenden Knotens im J. 1806. = 80° 53' 41,"3.

Jährliche Bewegung des Knotens = + 1",48

Länge des Perihelii im Jahre 1809 = 146° 36' 6,"6.

Jährliche Bewegung desselben = 2' 1,"8.

Mittlere Länge

am 1. Jan. 1809 Mittag in Göttingen = 343° 2",33.

Größte Mittelpunctsgleichung = 9° 0' 7",68.

Grösse der Ceres und Beobachtungen über ihre natürliche Beschaffenheit.

Die Ceres ist sehr klein, aber die Angaben für ihre Größe weichen sehr von einander ab. Sie erschien bei ihrer Entdeckung als ein Stern neunter Größe; ihre Farbe ist etwas röthlich; mit starken Fernröhren beobachtet erscheint sie mit einem hellen Nebel umgeben, und daher ihre Scheibe nicht gut begrenzt.

Die Messung ihrer Größe stellte SCHRÖTER auf die so häufig von ihm angewandte Weise an, daß nämlich ein mit bloßem Auge gesehenes Scheibchen in diejenige Entfernung gestellt wurde, wo es eben so groß erschien als die unter bestimmter Vergrößerung

¹ Ich entlehne sie aus SCHUBERT traité d'astronomie théorique Petersb. 1822. Tome II. p. 281. und v. LINDENAU's Zeitschrift für Astronomie. I. 15.

fterung mit dem andern Auge beobachtete Ceres im Fernrohr. Nur selten gelang es, das aus dem umgebenden Nebel deutlich als fester Körper hervorblickende Scheibchen zu messen, und SCHRÖTER leitet aus diesen Messungen den auf den Abstand der Erde von der Sonne reducirten scheinbaren Durchmesser = 3,48 Secunden, den wahren Durchmesser = 352 geogr. Meilen her. In den meisten Fällen war es nicht möglich, diesen eigentlichen Kern oder anscheinend festen Körper zu unterscheiden, sondern es wurde nur die nebliche Umhüllung gemessen, die sonderbar ungleich und zuweilen so groß erschien, daß ihr Durchmesser 650 Meilen betragen mußte.¹

Sehr hievon abweichend sind HERSCHELS Bestimmungen, der den Durchmesser nur 0,351 Sec. oder den wahren Durchmesser 35 geogr. Meilen angiebt; die umgebende Atmosphäre möge, glaubt er, eine viermal oder fünfmal so großen Durchmesser haben.² Auch HERSCHEL hatte sich zur Abmessung einer kleinen erleuchteten Scheibe bedient, die er mit bloßem Auge betrachtete und mit dem im Fernrohre gesehenen Bilde des Planeten verglich; aber SCHRÖTER glaubt, HERSCHEL habe die Scheibe weiter als es bei solchen Messungen zulässig sey, vom Auge entfernt, und das alsdann undeutlich werdende Bild einer sehr erhellten weißen Scheibe erscheine dem Auge größer, als sie nach der Berechnung des Sehewinkels erscheinen sollte. Dagegen hat HERSCHEL durch spätere Versuche und Beobachtungen seine Bestimmungen zu rechtfertigen gesucht.³ Er stellte kleine Metallkugeln, Silberdrahttropfen, Siegellackkügelchen u. s. w. in hinreichend größere Entfernungen auf und betrachtete sie durch eben die Fernröhre, mit welchen er die Ceres beobachtete. Er fand hier, daß er zum Beispiel Silberkügelchen von $\frac{1}{200}$ Zoll Durchmesser, so entfernt aufgestellt, daß sie dem bloßen Auge $\frac{1}{2}$ Sec. groß erscheinen mußten, mit 523maliger Vergrößerung noch so deutlich erkannte, daß er ihre Viertel wahrnehmen konnte;

¹ Schröters Lilienthalische Beob. d. Planeten Ceres, Pallas, Juno. (Göttingen 1805.)

² Phil. Transact for 1802. p. 213.

³ Phil. Trans. for. 1804. HERSCHELS experiments for ascertaining how far telescopes will enable us, to determine very small angles and to distinguish the spurious from the real Diameter etc.

und daran knüpft er den Schluss, ein Planet, der bei 500 maliger Vergrößerung, ja selbst bei 800 maliger Vergrößerung noch nicht deutlich als Scheibe erscheine, könne noch nicht eine halbe Secunde im Durchmesser haben. Er macht daher die Bemerkung, daß man bei geringern Vergrößerungen zuweilen schon den Planeten als Scheibe zu sehen glaube, aber da bei stärkern Vergrößerungen die Scheibe nicht im gehörigen Maße immer deutlicher sichtbar werde, so dürfe man diesen durch Irradiation bewirktem Scheine nicht trauen. Dagegen führt SCHRÖTER Beobachtungen an, wo ihm die Scheibe der Ceres größer, wenn gleich nicht so gut begrenzt, als Uranus und der erste Jupitersond erschien, wonach denn jene ungefähr die von ihm angegebne GröÙe haben müsse.

Ungeachtet dieses Streites über die scheinbare GröÙe ist es gewiß, daß die Ceres viel dunkler als Uranus erscheint; was zum Theil daher rührt, daß ihr Licht matter und neblich ist. Nach SCHRÖTERS Messungen scheint der Durchmesser ihrer glänzenden Atmosphäre wirklichen Aenderungen unterworfen zu seyn, so daß der Durchmesser dieser unbestimmten Nebelhülle zuweilen größer, zuweilen kleiner, als es nach der Entfernung seyn sollte, erscheint; der Planetenkern scheint zuweilen deutlicher, zuweilen minder deutlich durch diese Umhüllung hervorzublicken, u. s. w.

In Rücksicht auf die natürliche Beschaffenheit dieses Planeten verdient auch noch OLBERS Meinung, daß vielleicht die vier Planeten Ceres, Pallas, Juno, Vesta Trümmer eines einzigen großen Planeten sind, angeführt zu werden. Die Umlaufzeiten der Ceres und Pallas sind beinahe ganz gleich,¹ und ihre Bahnen kommen im Knoten einander so nahe, daß man wohl annehmen darf, die Bahnen mögen ehemals einen gemeinschaftlichen Durchschnittspunct gehabt haben, oder von dem Puncte, wo sie aus der Zertrümmerung der größern Planeten entstanden, ausgegangen seyn. Da OLBERS's hierauf gegründete Vermuthung, daß man wohl außer der Ceres und Pallas noch

¹ Wegen dieser Gleichheit der Umlaufzeit entfernen sie sich von der Sonne aus gesehen, nie weit von einander; und ihre gegenseitige Stellung giebt Bode für den ganzen Umlauf an. Astr. Jahrbuch 1807. S. 216.

mehrere Stücke jenes Planeten in Bahnen, die nicht sehr weit von den Bahnen jener entfernt wären, finden werde, sich durch die Entdeckung der Juno und Vesta als richtig gezeigt hat, so darf man dieses wohl als einigermaßen die Vermuthung über den Ursprung dieser Planeten bestätigend ansehen.

B.

Cerium.

Cererium, *Cerer*; Cerium; *Cerium*. Dieses Metall findet sich in einigen seltenen, besonders schwedischen Fossilien, wie im *Cerit*, *Allanit*, *Ytterocerit* u. s. w. Man kennt dasselbe noch nicht im reinen, sondern nur im eisenhaltigen Zustande. Es scheint in heftiger Hitze flüchtig zu seyn. Es bildet mit dem Sauerstoff ein Oxydul und ein Oxyd. Das *Ceriumoxydul* (46 Cerium auf 8 Sauerstoff) ist weiß, und bildet mit den Säuren farblose oder blafsrothe, süß und herb schmeckende Salze, welche durch reine kohlenaure, phosphorsaure, arseniksaure, klesaure, weinsaure, bernsteinsaure und benzoesaure Alkalien weiß gefällt werden. Der Niederschlag, welchen kohlenaures Kali hervorbringt, löst sich im Ueberschuß desselben wieder auf. Mit Kali und Schwefelsäure bildet das Ceriumoxydul ein schwer lösliches Doppelsalz. Das *Ceriumoxyd* (46 Cerium auf 12 Sauerstoff) bildet sich beim Glühen des Oxyduls an der Luft, ist zimmtbraun, und wenig, mit röthlichgelber Farbe, in Säuren löslich. G.

Chamaeleon.

Mineralisches Chamäleon; *Chamäleon mineralis*; *Chaméleon minéral*; *Mineral Chameleon*; von seinem Farbenwechsel nach der Aehnlichkeit mit dem Thiere gleiches Namens so genannt, ist eine Verbindung der Mangansäure mit Kali. Man erhält dasselbe durch Glühen von 1 Theil fein gepulverten Braunstein mit 3 Th. Salpeter oder 2 Th. Kalihydrat in einem Tiegel, bis eine Probe in Wasser mit grüner Farbe löslich ist. Die schwarzgrüne Masse läßt sich in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahren, und giebt in Wasser gelöst eine grün gefärbte Flüssigkeit, welche mehr oder minder schnell durch Blau, Violett und Purpur in Roth übergeht, indem dem ursprünglich basischen man-

ganssauren Kali, welches grün ist, durch Wasser und Kohlensäure der Ueberschuß des Kali entzogen und somit das neutrale rothe Salz gebildet wird. Man kann daher durch Zusatz von kaustischem Kali die grüne, durch eine Säure aber die rothe Farbe herstellen, und durch mehr oder minderen Zusatz des einen oder andern die verschiedenen Farben hervorbringen. Kommt die rothe Flüssigkeit mit einem organischen Körper, wie etwa Staub und Korkstöpsel, in Berührung, so entfärbt sie sich völlig, indem die Mangansäure einen Theil ihres Sauerstoffs an dieselbe abtritt, und als braunes Oxyd niederfällt. G.

Chemie.

Chymie, Mischkunde, Scheidekunst; *Chemia, Chymia*; Chimie, Chymie; *Chemistry, Chymistry*.¹ Dieser Theil der Naturwissenschaft beschäftigt sich mit allen den Veränderungen der Materien, welche als eine Wirkung der chemischen Verwandtschaft zu betrachten sind (s. *Verwandtschaft*). Diese Veränderungen bestehen in der Verbindung ungleichartiger Materien zu gleichartigen Ganzen, womit häufig zugleich die Zertrennung gleichartiger Ganzen in ungleichartige Theile verbunden ist. Man unterscheidet eine *reine, theoretische* oder *philosophische* und eine *angewandte Chemie*. Erstere ist die Lehre von den chemischen Verhältnissen der Materien, an und für sich; unter letzterer versteht man Bruchstücke derselben Lehre, bloß in der Beziehung betrachtet, als sie andern Zwecken außerhalb der Wissenschaft dienen. Solche Zwecke sind: 1. Erklärung der in andern Theilen der Naturwissenschaft vorkommenden chemischen Verhältnisse, woraus die *physische, mineralogische, physiologische* und *ökonomische Chemie* entspringt. 2. Anweisung zur Bereitung von Arzneimitteln (*pharmaceutische Chemie*) und von andern Gegenständen des gemei-

¹ *Χημία* oder *Χημεία*, von *Χυμός*, Saft; oder von *Χέω*, *Χέω*, ich schmelze, oder von *Χήμη*, eine Art Muschel; oder von Cham dem Sohne Noahs, der die Naturkenntniß nach Aegypten gebracht haben soll und von *Χημία*, worunter in der Priestersprache Aegypten selbst verstanden wurde?

uns, (*technische Chemie*), sofern diese Bereitung nach mechanischen Grundsätzen beruht. — Außerdem versteht man unter *praktischer Chemie* die Anweisung, nach welchen Regeln und mittelst welcher mechanischen Mittel die chemischen Veränderungen der Körper im Kleinen zu bewerkstelligen sind, und hiervon macht die *analytische Chemie*, die Trennung zusammengesetzter Körper in ihre Bestandtheile beabsichtigt, einen wichtigen Theil aus. G.

C h l o r.

Chlorine, dephlogistisirte Salzsäure, oxygene Salzsäure; *Chlorum, acidum salis dephlogisticatum, acidum muriaticum oxygenatum*; , *acide muritique oxigéné; chlorine, oxy-muriacid*. (Von *χλωρός*, grünlich gelb). Eine Substanz, deren Entdecker, SCHEELÉ, für Salzsäure angesehen wurde, der Phlogiston entzogen sey, dann von BERTHOLLET als Verbindung der Salzsäure mit Sauerstoff; dann von MAC AND THÉNARD und von DAVY als eine einfache Substanz betrachtet wurde, welche letztere Ansicht, als die einzige jetzt fast allgemein angenommen ist. Man erhält das Chlor durch Erhitzen von Braunstein mit Salzsäure, oder mit Salpetersäure und Schwefelsäure, als ein bläsgelbes Gas, dessen specifisches Gewicht sich zu dem der Luft ungefähr verhält, wie 1000 zu 700. Dasselbe unterhält das Verbrennen einer Wachs-kerze in duncklem Lichte und Erzeugung von viel Ruß, riecht stark stickend, wirkt sehr nachtheilig auf die Athmungsorgane, zerstört viele organische Farbstoffe, so wie auch Gärungsmittel. Durch einen mehr als 4 Atmosphären hohen Druck geht das Chlorgas bei 15° C. in eine grünliche Flüssigkeit von 1,33 spec. Gewicht über, welche eine stärkere lichtbrechende Kraft hat, als das Wasser, nicht bei 5° C. gefriert, und sich bei Aufhebung des äußern Drucks plötzlich, unter bedeutender Erkältung, wieder in Gas verwandelt.

Chlor bildet mit wenig Wasser bei einigen Graden unter 0° ein gelbes krystallinisch blättriges Hydrat, welches bei starker Wärme viel Chlorgas entwickelt, wobei eine flüssige

— vgl. *Atmosphäre*, I, 478.

sige, blaßgelbe Verbindung von viel Wasser mit wenig (das wässrige Chlor, übrig bleibt.

Das Chlor geht mit dem *Sauerstoff* 4 Verbindungen

Das *Chloroxydul* oder die *Euchlorine* (36 Chlor 8 Sauerstoff) und das *Chloroxyd* (36 Chlor auf 24 Sauerstoff) zwei Gase, dunklergelb als das Chlorgas, welche bei geringer Temperaturerhöhung unter lebhafter Verpuffung und Lichtentwicklung in ihre zweigasförmigen Bestandtheile zerfallen, sauer sind, und etwas reichlicher, als das Chlorgas vom Wasser absorbirt werden.

Die *Chlorsäure, hyperoxygenirte Salzsäure* (36 Chlor und 40 Sauerstoff), noch nicht im reinen Zustande bekannt, bildet mit Wasser eine farblose, sauer schmeckende verdampfbare Flüssigkeit, und mit den Salzbasen die *chlorsauren Salze*, welche in der Hitze größtentheils in Sauerstoffgas und Chlormetall, oder in Sauerstoffgas, Chlorgas und Metalloxyd zerfallen, welche mit brennbaren Körpern die Hitze und oft schon durch den Schlag verpuffen (sofern Sauerstoff der Chlorsäure und oft zugleich des Metalloxyds mit den brennbaren Körpern unter Feuerentwicklung verbindet), welche mit Vitriolöl Chloroxydgas entwickeln (während sich zugleich oxydirte Chlorsäure erzeugt), welche die Silicate nicht niederschlagen und nicht zerstörend auf Pflanzenfarben wirken.

Die *oxydirte Chlorsäure* (36 Chlor auf 56 Sauerstoff) ist ebenfalls nur in Verbindung mit Wasser oder Salzbasen bekannt, und zeigt dann ähnliche Verhältnisse, wie die Chlorsäure, so weit dieses bis jetzt erforscht ist. Jedoch entwickeln die oxydirt chlorsauren Salze mit Vitriolöl kein Chloroxydgas, sondern lassen bei stärkerem Erhitzen des Gemisches oxydirte Chlorsäure unzersetzt übergehen.

Mit dem *Wasserstoff* bildet das Chlor die *Salzsäure, Hydrochlorsäure* (36 Chlor auf 1 Wasserstoff). Die Verbindung der zu gleichen Massen zusammengebrachten Gase erfolgt nur bei Einwirkung des Lichts, einer höheren Temperatur, oder eines elektrischen Funkens, und ist, wenn sie augenblicklich erfolgt, von Feuererscheinung und Verpuffung begleitet. Die reine Salzsäure, welche man durch Erhitzen von Kochsalz mit Schwefelsäure zu bereiten pflegt, erscheint

loses Gas von ungefähr 1,254 spec. Gewicht, riecht erlauer, und erregt an der Luft Nebel. Durch einen welcher ungefähr 40 Atmosphären gleicht, wird dieses $+10^{\circ}$ C. zu einer farblosen tropfbaren Flüssigkeit verwandelt. Es wird schnell, reichlich und unter Erhitzung vom Wasser verschluckt, mit dem es die wässrige Salzsäure bildet, in reinen Zustände ebenfalls farblos, meistens aber etwas gelblich, im concentrirten Zustande an der Luft raucht, und specifisches spec. Gewicht 1,211 beträgt. Mit vielen Salzen erzeugt die Salzsäure die *salzsauren Salze*; mit ansetzt sie sich dagegen schon in der Kälte in Wasser zu einem Metall, worin auch die meisten übrigen salzsauren Metalloxyde bei der Verflüchtigung des Wassers durch Erhitzung oder Entziehung mittelst Vitriols u. s. w. übergehen. Auch werden die salzsauren Metalloxyde dadurch erkannt, häufig mit Schwefelsäure salzsaures Gas, mit Schwefel- und Braunstein Chlorgas entwickeln, und daß sie gleich mit Salzsäure das salpetersaure Silberoxyd und Quecksilber selbst bei großer Verdünnung und Ueberschuß der Salzsäure reichlich niederschlagen.

Chlor ist mehr oder weniger leicht, zum Theil unter Erhitzung, mit Kohlenstoff, Boron, Phosphor, Schwefel, Jod und Stickstoff verbindbar. Diese Verbindungen sind gasförmig, theils tropfbar flüssig, theils fest und unlöslich, jedoch immer leicht verdampfbar. Mehrere derselbenersetzen sich mit Wasser auf die Art, daß das Chlor entziehen von Wasserstoff aus derselben in Salzsäure übergeht, während sich der Sauerstoff des Wassers mit dem Körper vereinigt. Auch mit den meisten Metallen verbindbar, und mit vielen derselben theils bei gewöhnlicher, theils bei höherer Temperatur unter Feuerentwicklung. Auch viele salzsaure Metalloxyde durch Wasser in Chlorwasser übergehen. Die *Chlormetalle* sind theils tropfbar flüssig, theils fest, und im Ganzen schmelzbarer und flüchtiger als das Metall, welches sie enthalten. Aus den meisten derselben läßt sich durch Erhitzen das Chlorgas nicht austreiben; diese erleiden auch keine Zersetzungen beim Glühen mit reiner Salzsäure oder mit trockner Borax- oder Phosphorsäure; dagegen erleiden sie Zersetzung, wenn noch Wasser hinzutritt, weil durch

dessen Bestandtheile einerseits Salzsäure entstehen kann, welche sich entwickelt; andererseits Kohlensäure oder Metall, welches letztere mit der Borax- oder Phosphorsäure in Verbindung tritt. Die meisten Chlormetalle sind im Wasser löslich, diese Lösung ist entweder als eine solche, oder als Auflösung salzsauren Metalloxyd in Wasser zu betrachten, und kommt mit der Verbindung überein, welche man durch Zusammenbringen wässriger Salzsäure mit Metalloxyd erhält.

Die Verhältnisse des Chlors sind hier nach der *chloristischen* Ansicht gegeben worden. Nach der *antichloristischen* besteht das Chlor oder die oxygenirte Salzsäure aus 8 Sauerstoff und 28 einer (nicht in diesem Zustande bekannten hypothetischen) trocknen Salzsäure. Letztere besteht aus *Muriatum* einem hypothetischen brennbaren Körper und 16 Sauerstoff; die oben angeführten Verbindungen des Chlors mit Sauerstoff sind demzufolge die höhern Oxydationsstufen des *Muriatums*. Die Salzsäure, wie wir sie als salzsaures Gas kennen, ist eine Verbindung von 28 hypothetisch trockener Salzsäure mit 9 Wasser, und bildet sich daher auch, wenn man zu dem oxydirt salzsauren Gase Wasserstoffgas bringt, in welchem letzteres mit dem Sauerstoff des erstern zu Wasser verbindet, welches dann mit der hypothetisch trockenen Salzsäure, in welcher die oxydirte Salzsäure durch das Abtreten von Sauerstoff verwandelt ist, in Verbindung tritt. Eben so wird bei der Verbindung des Phosphors oder eines Metalls in oxydirt salzsaurem Gase angenommen, daß sich Phosphor oder Metall mit dessen Sauerstoff zu Phosphorsäure oder Metalloxyd vereinigt, welche dann mit der hypothetisch trockenen Salzsäure zu demjenigen zusammentreten, nach der chloristischen Theorie als Chlorphosphor oder Chlormetall angesehen wird. Kurz alle bis jetzt bekannte Thatssachen lassen sich auch nach der antichloristischen Theorie erklären, und wohl sie weniger einfach ist, weniger die Analogie für sich hat (da Schwefel, Selen, Jod und Cyan zeigen dem Chlor ganz ähnliche Verhältnisse) und 2 Substanzen annimmt, die sich noch darstellen lassen, so läßt sie sich doch durch keine Erfahrung widerlegen.

G.

Chrom.

ium; *Chromium*; Chrome; *Chromium*. (wie ich färbe). Dieses Metall findet sich vorzüglich in Niststein und im rothen Bleispathe. Es ist stahlgrau, hart, nicht magnetisch, höchst strengflüssig und hat bei 2170° ein specifisches Gewicht von nur 5,900.

Die zwei wichtigsten Verbindungen mit Sauerstoff, neben vielleicht noch ein braunes Oxyd liegt, sind die des Chromoxyds und der Chromsäure. Das Chromoxyd (12 Chrom auf 12 Sauerstoff) ist in der Kälte dunkelgrün, bei 2170° braun. Es bildet mit Wasser ein bläulichgrünes Oxydhydrat und mit Säuren die Chromoxydsalze. Diese sind theils blau, und geben mit reinem und kohlensäurem Kali einen Niederschlag, welcher sich in einem Ueberschusse mit grüner Farbe wieder auflöst.

Die Chromsäure (28 Chrom auf 24 Sauerstoff) erscheint, in dem mit Schwefel- Salz und Salpetersäure verunreinigten Zustande, in welchem man sie bis jetzt erhalten hat, als dunkelbraunrothe krystallinische Materie, die Lack- oder Chromsäure, in der Hitze Sauerstoffgas entwickelt und auch zu Chromsäure Körper, Hydrothionsäure u. s. w. zu Chromsäure reducirt wird. Sie löset sich leicht in Wasser, mit gelber Farbe. Mit den Salzbasen bildet sie die chromsauren Salze, denen die meisten durch gelbe, wenige durch rothe Farbe ausgezeichnet sind. G.

Chromaskop.

(Farbe und σκοπεῖν, schauen). Unter diesem Namen ist ein Instrument angegeben¹, dessen Hauptzweck die Bestimmung des Brechungsverhältnisses für die verschiedenen Farben zu seyn scheint. Die Beschreibung, die mit dieser Weitläufigkeit bei den einzelnen Theilen des Werkzeugs erteilt, und dem Leser dadurch das Auffassen des Ganzen sehr erschwert, muß man an a. O. selbst nachle-

sen. Das Wesentliche scheint zu seyn, daß man bei richtig Stellung des Prisma's, welches sich an einem Ende des Kaste befindet, die Breite der Farbenstreifen am andern Ende gemessen, und daraus die Winkel und das Brechnungsverhältniß bestimmt.

Da indeß dieses durch andere Methoden schon besser geleistet ist, so wird das Instrument wohl nicht in allgemein Gebrauch kommen. B.

Chronhyometer.

Von χρόνος die Zeit, ὥρος der Regen und μετρέω ich messe ist ein von LANDRIANI erfundenes Werkzeug, welches bestimmt ist, die Zeit des Regnens zu messen¹, wovon man aber wegen seiner Kostbarkeit, Unsicherheit und des zu erwartenden geringen Nutzens keinen Gebrauch gemacht zu haben scheint. Sie

Fig. 40. Einrichtung ist kürzlich folgende: A ist ein weites konisches Gefäß, welches außerhalb des Daches angebracht wird, Regen aufzufangen. Dieser wird sich in der Spitze sammeln und bei einer geringen Quantität wird der kleine Heber α zu laufen anfangen, der Rest aber durch die weite Röhre β ablaufen, so daß das Niveau unverändert bleibt, und wenn man dann die Zeit, in welcher der Heber eine gewisse Quantität Wasser liefert, so kann man aus der Menge des in einem mit dem Heber verbundenen Gefäßes enthaltenen Wassers die Zeit des Regnens berechnen. Hierdurch wird indeß bloß die Dauer des Regens angegeben nicht aber die Zeit des Anfangs

Fig. 41. Um auch diese zu wissen, dient eine im Zimmer unter dem Regenmesser angebrachte, durch ein Uhrwerk einmal täglich um ihre Axe gedrehte horizontale Scheibe, deren Oberfläche schwarz gefärbt und nach den Stunden getheilt seyn soll. Über derselben ist der Hebelarm $m n$ fein balancirt, und trägt an einem Ende den weißen Bleistift α nebst dem konischen Gefäß ν mit dem kleinen Heber l . Indem das Wasser dann aus dem Regenmaße durch den beschriebenen Heber in dieses Gefäß läuft, erhält der Hebelarm das Uebergewicht, drückt den Bleistift gegen die Scheibe, und zeichnet die Stunden des Regnens

1 J. de Ph. XXII. 280.

erstopfen der kleinen Heber zu verhüten, soll ihr Längsel trumpetenförmig erweitert seyn; allein man beachte, wie unsicher eine solche feine und zusammengesetzte Maschine für den bestimmten Gebrauch sey. M.

Chronologie.

Chronologia; *Chronologie*; *Chronology*; von χρόνος λόγος ist die Wissenschaft, welche sich mit der Abmessung der Zeit oder der Vergleichung der zu ihrer Abmessung Zeit-Eintheilungen beschäftigt. Ihr mathematischer Theil muß also die wahre GröÙe der Tage, Jahre u. s. w. angeben, wie man entweder wirklich zur Zeitmessung anwendet (wie es mit dem ganz genauen Sonnenjahre in Vergleich gegen das bürgerliche Jahr der Fall ist) wenigstens wirklich angewandten zur Richtschnur dienen; ihr historischer Theil zeigt, wie diese Zeit-Eintheilungen bei den verschiedenen Völkern wirklich gebraucht sind; wie man die verschiedenen Zeitrechnungen auf einander zusammenbringt, die an gewisse Erscheinungen geknüpften Bestimmungen merkwürdigen Tagen, Festen u. dergl. erhalten werden.

Der mathematische Theil gehören daher vorzüglich der astronomischen Lehren, welche die Zeiträume, da die Sonne und der Mond zu gleichen Stellungen zurückkehren, bestimmen, denn diese allen Zeit-Eintheilungen zum Grunde liegende angewandte Chronologie setzt eine historisch genaue Kenntniß voraus, was theils als Regulirung der Jahre bei den Völkern angenommen war, theils ihren Kalender, die Länge der Monate, der Feste u. s. w. betraf, oder diese bei uns regulirt.

In den Alten haben sich viele Astronomen mit der Chronologie beschäftigt; ihr Bestreben ging vorzüglich darauf hin, die Dauer der Jahre noch nicht genau bekannt war, zu bestimmen und die Jahrrechnung, die Anordnung des bürgerlichen Jahres so festzusetzen, daß dabei so weit es möglich schien, die Übereinstimmung mit der Wiederkehr der Jahreszeiten erreicht wurde. Von den darauf gerichteten Bemühungen so wie von den Bemühungen in neuern Zeiten wird in den

Artikeln *Jahr* und *Kalender* die Rede seyn. In Rücks auf die *historische* Chronologie hat sich PROLEMAEUS durch Anknüpfung derselben an sichere astronomische Beobachtungen ein Verdienst erworben, welches in Beziehung auf uns weitens wichtig ist, da nur allein von ihm solche Vergleiche auf unsre Zeiten gekommen sind. In neuen Zeiten haben mit dem historischen Theile der Chronologie sehr viele Gelehrte beschäftigt; es scheint mir aber hier gerade nicht der Ort, mehr der Geschichte als der Mathematik und Physik angehörenden Verdienste umständlich zu erzählen. Ich führe daher noch ein, soweit mir zu urtheilen erlaubt ist, höchst gediegenes, gründliches und vollständiges Buch über diese Wissenschaft an, nämlich: IDELS Handbuch der mathematischen und historischen Chronologie, (Berlin 1825) wovon bis jetzt nur der erste Theil erschienen ist.

Chronometer.

Zeitmesser, Zeithalter, Seeuhr, Längenuhr; Chronomètre, Garde-temps, Montre marine, Chronometer, Timekeeper. Von χρόνος die Zeit und μέτρον ich messe. Eine tragbare *Uhr* von grosser Vollkommenheit, die zur Bestimmung der *geographischen Länge* gebraucht wird. Bekanntlich ist diese letztere nichts anders, als der Unterschied zwischen der wahren Sonnenzeit an einem gegebenen Orte und derjenigen in einer andern, welcher als Normalzeit angenommen wird. Für diese gilt bei den englischen und andern Seefahrern meistens die Sternwarte in *Greenwich*, bei den französischen und bei den Astronomen des Continents die *Pariser Sternwarte*. Hätte man nun eine Uhr von vollkommen richtigem, unveränderlichem Gange, die z. B. in *Greenwich* zur Zeit, als die Sonne daselbst durch den Meridian ging, genau auf 12 Uhr 0 Min. 0 Sec. gestellt worden wäre, so würde diese auch zwei Monate später in Amerika immer die Zeit angeben, welche es in einem gegebenen Monate in *Greenwich* ist. Hat man sodann an jenem Orte eine andere gute Uhr die wahre Zeit aus Beobachtungen bestimmt, so wird der Unterschied beider Uhren den Abstand des Meridians jenes Ortes von dem von Greenwich in Stunden

und Secunden angeben, welche nach dem Verhältniß St. zu 360° oder 1:15 leicht in Grade und deren übersetzen sind. Dieser östliche oder westliche Ab-Ortes von Greenwich heißt dann seine geographische Da man nun im Stande ist, entweder durch Aufstellung des Passageinstrumentes, durch correspondirende oder eine Sonnenhöhen die wahre Zeit an jedem Orte mit Genauigkeit zu bestimmen, so begreift man leicht, daß eine zuverlässige Uhr das einfachste Mittel zur Bestimmung geographischen Länge wäre. Daß die Uhr gar keinen *täglichen Gang* haben sollte, ist kaum anzunehmen, hat aber das Resultat keinen Einfluß, wenn nur ihre Acceleration oder Retartation von einem Tage zum anderen genau sich bestimmt. Denn gesetzt, die Uhr gehe täglich 2,5 Sec. zu früh, so müssen für 2 Monate oder 61 Tage $61 \times 2,5 = 152,5$ Sec. von der Uhrzeit abgezogen werden.

unterscheidet im Englischen diese Kunstwerke auch in *Chronometer* und *Pocket-Chronometer* Taschen- und dosenförmige Chronometer oder Seeuhren. Diese sind in Form und Größe den Taschenuhren ähnlich, sind bestimmt, in der Tasche getragen zu werden, sind jedoch rathsam ist, sich eines zu harten Ganges und starken Erschütterungen zu enthalten; des Nachts werden sie in einem viereckigen Kästchen *stehend* bewahrt; sie sind so gut abgeglichen, daß sie in jedem täglichen Gang beibehalten. Die Box-Chronometer sind in einem geräumigen hölzernen Kästchen, in welchem wie die Compasse, in zwei Ringen horizontal aufgelegt, damit sie bei den Schwankungen des Schiffes möglichst gleicher Lage bleiben. Sie sind auch größer als die andern Chronometer. Beide Arten werden alle 24 Stunden, wo möglich immer zur Zeit, aufgezogen; die meisten gehen 30 Stunden; einige, ja sogar acht Tage lang, damit, wenn einmal vergessen würde, dennoch der ursprüngliche Gang der Uhr, auf welchen man sich bey Herleitung der Länge nicht verloren sey.

Die Wichtigkeit der Kenntniß der geographischen Länge für die Schiffahrt bewog schon früh verschiedene Regie-

runge, Preise auf das beste Mittel, die Länge zur See zu finden auszusetzen, die dann auch namentlich auf die Verbesserung der Uhren ausgedehnt wurden. Der erste, der von der Anwendung der (wie er bemerkt, kurz zuvor erfundenen) Uhr zur Findung der Meereslänge spricht, ist GEMMA FRISIUS. Später, nach Erfindung des Pendels mit der Spiralfeder (in Unruhe) durch HUYGENS um das J. 1664 beschäftigten sich Dr. HOOKE und HUYGENS selbst mit diesem Gegenstande, und wirklich wurde eine von dem letztern verfertigte Uhr im 1665 auf eine Reise nach der Küste von Guinea mitgenommen und soll auf der Rückreise die Länge der Insel Fuego am gegebenen Vorgebirge mit großer Genauigkeit angegeben haben. Obwohl dieser gute Erfolg ihn zur fernern Verbesserung seiner Werke antrieb, so überzeugte HUYGENS sich doch, daß lange man diese Maschinen nicht von der Einwirkung der Wärme und Kälte, und andern Störungen unabhängig machen könnte, sie ihrem Zwecke nicht genügen würden.

Im J. 1714 bewilligte das englische Parlament 20000 Stlg. zu Versuchen über diesen Gegenstand, und überdies einen Preis von 10000 Pf. für den Erfinder einer Methode die Meereslänge bis auf einen Grad zu erhalten. Durch ein späteres Acte wurde dieser Preis genauer bezeichnet, und zu 2000 Pf. für den Verfertiger einer Uhr festgesetzt, welche auf einer Reise von 6 Monaten die Länge des Schiffes bis auf einen Grad genau gäbe, zu 7500 Pf., wenn sie nicht über zwei Drittel eines Grades oder 40 Min. fehlte, und zu 10000 Pf. wenn sie bis auf einen halben Grad genau wäre. Ähnliche Bestimmungen wurden auch für die Verbesserung der Methode der Meeresdistanzen ausgesprochen.

Aller dieser Aufmunterungen unerachtet machte die Chronometrie keine Fortschritte, bis ein Mann aufstand, der durch Scharfsinn, Beharrlichkeit und Erfindungsgabe die vorher übersteiglichen Schwierigkeiten zu beseitigen wußte, und als der eigentliche Schöpfer dieser zu einer unglaublichen Vollkommenheit gebrachten Kunst anzusehen ist. Dieser JOHN HARRISON, geb. i. J. 1693 zu Foulby in Yorkshire

1 Principia Astronomiae. Antwerp. 1530.

es Landzimmermanns, welcher zugleich mit Feldmes-
 Repariren der Uhren in der Umgegend sich abgab.
 1 außerordentlichen Hange zur Maschinerie hatte der
 HARRISON doch nur schlechte Gelegenheit, seinen Durst
 an Kenntnissen zu befriedigen; er verwandte die Nächte
 mit Rechnen und Zeichnen, und scheute die Mühe nicht,
 die Vorlesungen über die Physik, die der Ortspfarrer im
 Winter ihm mitgetheilt hatte, mit allen Figuren zu copiren.
 6 verfertigte er zwei Uhren größtentheils aus Holz
 mit Pendel und Echappement von eigener Erfin-
 dung, welche alles Vorherige übertrafen, indem sie in einem Jahr
 nur 1 Sec. Fehler gaben. Im J. 1728 kam er nach
 London mit Zeichnungen zur Construction einer See-Uhr,
 bei der Commission für die Meereslänge Unterstützung
 erhielt. Der Königl. Astronom Dr. HALLEY wies ihn an
 den Ingenieur GRAHAM und dieser rieth ihm, die Sache erst
 selbst auszuführen, und nachher bei jener Behörde
 anzufragen. HARRISON erschien erst nach acht Jahren wie-
 der mit einem vollendeten Werk, das im folgenden Jahre auf
 der Reise nach Lissabon eine günstige Prüfung bestand. Im
 Jahre 1736 machte er eine zweite einfachere und bessere Uhr,
 welche gleich sie keiner Seereise unterworfen wurde, doch
 ihm viele Gönner erwarb. Sie wurde jedoch, zehn
 Jahre vor einer noch einfacheren und bessern, die nur
 um $\frac{1}{10}$ wöchentlich abwich, übertroffen. HARRISON glaubte
 seine Ziele seiner Bestrebungen zu stehen; doch der Ver-
 such, die neuen mechanischen Grundsätze auch auf die
 Construction der Taschenuhren anzuwenden, welcher über
 seine Erwartung gelang, vermochte ihn, einen vierten Chro-
 nometer zu verfertigen, welcher die Form einer Taschenuhr
 in einem Durchmesser erhielt. Mit diesen machte sein
 November 1761 bis März 1762 eine Reise nach Ja-
 maica zurück, deren Resultat war, daß das Chronometer
 nur $114\frac{1}{2}$ Sec. von Zeit, oder $28\frac{1}{2}$ Min. im Bogen
 fehlte. Dieses war noch unter der Gränze, welche
 vorher festgesetzt hatte, und HARRISON meldete sich
 um den vollen Preis. Man erhob jedoch Zweifel über die Wahr-
 heit der Beobachtung auf Jamaica, über die gebrauchte Art der Zeitbestim-
 mung selbst so wohl als in Portsmouth, und wollte in dieser

einmaligen Probe keine Garantie für die künftige Zuverlässigkeit des Werkes finden. Nachdem man Beobachter zur Festimmung der wahren Länge von Jamaica ausgesandt hatte, ging im März 1764 der Sohn WILLIAM HARRISON nach Barbados ab, wo er in der Mitte Mai's ankam. An beiden Orten in Portsmouth und Barbados, war die Zeit durch correspondirende Höhen bestimmt worden, nach welchen der Chronometer den Längen - Unterschied beider Oerter zu $3^{\text{st}} 55' 3''$, angestatt daß ihn die astronomischen Beobachtungen zu $3^{\text{st}} 54'$ bestimmt hatten; der Fehler betrug also nur 43 Sec. in Zeit oder $10' 45''$ im Bogen. HARRISON erhielt nun endlich die erste Hälfte der festgesetzten Belohnung, nachdem er schon vorher mehrere Summen theilweise empfangen hatte. Dagegen übergab er der Admiralität seine vier Uhren mit allen dazu gehörigen Zeichnungen und Instructionen. Die Richtigkeit der von ihm aufgestellten Grundsätze erhielt ihre volle Bestätigung, man durch den Uhrmacher KENDAL nach denselben ein neues Chronometer verfertigen ließ, das noch besser ging, als das von HARRISON selbst. Seine Trefflichkeit wurde auf Cooks zweiter Reise von 1772 bis 1775 vollständig bewährt, und HARRISON empfing endlich im J. 1774 die zweite Hälfte des Preises. Im folgenden Jahre gab er eine kleine Schrift heraus unter dem Titel: *Description concerning such Mechanism which will afford a nice or true mensuration of time etc*, die ein Muster der höchst verworrenen Schreibart eines unstudirten Epheures ist. Er starb 1776 in einem Alter von 83 Jahren. — Die Astronomen, die ihrerseits den ausgesetzten Preis durch Verbesserung der Methode der Mondistanzen zu erringen suchten, war er nicht gut zu sprechen, und nannte sie scherzweise *Lunatics*. Diese Empfindlichkeit mochte von einem ungünstigen Urtheile über den Gang seines letzten Chronometres herühren, das aus den Beobachtungsregistern des Königl. Astronomen Dr. MASKELYNE hervorging, welchem man nach der Reise von Barbados jenes Instrument zur fernern Prüfung übergeben hatte. Ein ähnliches Mißtrauen vermochte auch später geschickten Künstler JOSIA EMERY zur Begründung seiner Ansprüche auf die gesetzliche Belohnung seiner Chronometer zugunsten eines ausländischen Astronomen, (von ZACH) übergeben, welcher beim Besuch verschiedener Sternwarten

die Uhren jedesmal dem dortigen Astronomen behänd es diesem überliefs, durch Vergleichung mit seiner Pendel - Uhr die geographische Länge herzuleiten, hier das Resultat bekannt zu machen. Auf diese Weise der Sachwalter EMERY's mehrere Zeugnisse für die Chronometer, gegen deren Gültigkeit kein Zweifel werden konnte.

Unkreich bemühten sich LE ROY und die beiden Bern die Verbesserung der Chronometer, während dem verschiedene Künstler, namentlich ARNOLD, KENKANES, PENNINGTON, MUDGE, EMERY, BARRAUD und EARNSHAW¹ auf dem von HARRISON geöffneten Pfade fortschritten. Der letztere erhielt im J. 1803 von der Admiralität eine Belohnung von 3000 Pf. Stlg. In Deutschland haben SEIFFERT in Dresden, BUTZENGEIGER in, und Auch in Weimar sich mit diesem Gegenstände beschäftigt; es sind jedoch nicht hinreichende Notizen über diese Kunstwerke bekannt geworden.

Remark haben in den neusten Zeiten JÜRGENSEN in Altona und KESSELS in Altona sehr gute Chronometer verfertigt, von denen die astronom. Nachrichten des Prof. SURUR-Kenntniß geben. Die meiste Bewunderung aber verdienen die Kunstwerke BREGUET's in Paris, die Alles was in diesem Fache geleistet worden, übertreffen, von denen erst im J. 1819 in den Ann. de Chim. Bd X. p. 113 und 823 in Schumachers Astron. Nachr. Bd. I. p. 109 über ihren Gang bekannt gemacht worden sind³.

Hauptstücke, worauf es bei der Verfertigung eines Chronometers ankommt, sind folgende: 1. Der *Druck*, wel-

Ernshaw hat die Grundsätze und die Einrichtung seiner Chronometer besonders gegen ARNOLD gerichteten Streitschrift unter dem Titel: *Explanation on the Time-Keepers constructions of Thomas Earnshaw and the late Mr. John Arnold.* London. 1806. p. 209, 233, 510; ferner Bd. III. p. 153 und 169.

Ein detaillirtes Verzeichniß der Chronometer und anderer Uhren findet sich in Schumacher's Astron. Nachr. IV. Nro. 77. In demselben kosten die Box - timekeeper 2400 bis 3000 Francs. Ein Taschenchronometer in Gold 1800, in Silber 1500 Francs. Die Werke dieser Art sind auch höher im Preise.

chen die Hauptfeder auf das Räderwerk, und durch dieses die Unruhe ausübt, muß beständig von *gleicher* Stärke seyn. Die in dem gewöhnlichen Taschen-Uhren angebrachte Spiralfeder ist dazu unzureichend. HARRISON half sich durch Anbringung einer kleinen schwachen Feder, die nur $\frac{1}{8}$ Minute auf das Gehwerk wirkte, und immer wieder durch die Hauptfeder aufgezo- gen wurde. Die neuen Künstler erreichen ihren Zweck dadurch, daß sie *lange* nicht stark gespannte Federn gebrauchen; und BREGUET bringt, wie SCHUMACHER berichtet, seinen Chronometern sogar zwei Federn an, die zu beiden Seiten in das Getriebe des Minutenrades eingreifen. Eben- so wirkt denn auch

2. die Beschaffenheit der *Auslösung* oder des sogenan- ten *Echappements*, das so eingerichtet seyn muß, daß die Hauptfeder nur durch das Intermedium freischwebender Ha- ber die Unruhe einen augenblicklichen Anstoß zur Fortset- zung ihrer Bewegung ertheilen kann, und die Unruhe den größ- ten Theil der Zeit von dem Werke selbst unabhängig ist. HARRISON glaubte, durch die *Schnelligkeit* der Schwingungen die Dauer der Berührungsmomente abzukürzen, und ließ daher die Unruhe bis auf fünf Schläge in der Secunde machen. Es giebt jedoch mehrere und zwar von den besten Chronometern, die nur halbe Secunden schlagen, was nebenbei ihren Gebra-uch bei Beobachtungen wesentlich erleichtert, indem man die Secunden nach dem Gehör fortzählen kann, was bei ungeraden Schlägen nicht wohl möglich ist. Dagegen dürfte die *Schnelligkeit* der Schwingungen, die auch durch die Größe des Ausschlags zu erreichen ist, dazu beitragen, die Unruhe gegen rasche äußere Bewegungen in der Richtung ihrer Einwirkung unempfindlicher zu machen.

3. Nicht minder wichtig ist die *Größe der Unruhe*, welche das gewöhnliche Verhältniß bedeutend übertrifft, so- wie sie durch ihr statisches Moment, verbunden mit einer starken Spiralfeder, große und kräftige Schwingungen zu machen im Stande sey, und vom Räderwerk gerade nur denjenigen Impuls empfangen, welcher zur Fortsetzung der durch Reibung, den Widerstand der Luft und der Spiralfeder geschwächten Bewegung nothwendig ist. Man pflegt die Schwere der Unruhe durch zwei kleine, an den Enden eines Diameters befindliche

Indische Gewichte zu vermehren, welche an einem feinen Aufhängang dem Centrum näher gerückt oder von ihm entfernt werden können, um durch dieses die Schnelligkeit der Schwingungen oder den mittlern Gang der Uhr zu reguliren. Die Spiralfeder selbst bleibt unverändert; sie ist von bedeutender Länge und dünne, zuweilen des Rostens wegen nicht aus Stahl, sondern aus stark gehämmertem Golde verfertigt. ARNOLD und andere Uhrmacher gaben ihren Umgängen eine cylindrische Form; EARNLEY hält dieses für unwesentlich.

4. Die *Reibung* muß aufs möglichste vermindert, und diejenigen Theile, welche derselben am meisten ausgesetzt sind, müssen aus solchen Stoffen verfertigt werden, die keine Abnutzung erleiden, damit die Uhr nicht mit der Zeit ihre Tauglichkeit verliere. Zu diesem Ende ist nicht nur das Räderwerk, sowohl in Absicht auf Ausarbeitung als auch in Beziehung auf die größere Zahl der Triebstärke von besonderer Vollkommenheit, sondern es ist auch bei den besten Uhren dieser Art das Messing von allen denjenigen Theilen, die größerer Reibung ausgesetzt sind, ausgeschlossen, und diese werden nur von Eisen verfertigt, gehärtet und aufs höchste polirt; die Zapfenlöcher mit ihren Deckplatten, und eben so die eingreifenden Haken und Stifte sind von harten Steinen, Agaten oder Rubinen. EARNLEY wollte eine Zeitlang behaupten, daß solche Uhren kein Oel erfordern, und der jüngere ARNOLD ging so weit, dieses seinen Vorzug seiner Chronometer vor Gericht namhaft zu machen; doch verrieth der Geruch die Gegenwart desselben. Von großem Einfluß ist die Reinheit und Unveränderlichkeit des Oels, das weder durch die Reinigungsmethode, noch ursprünglich irgend eine Anlage zur Säuerung enthalten darf. EARNLEY nimmt daher hierzu nur den freiwilligen ungepressten Saft guter reifer Oliven¹. Außerdem hat die Entfernung des Oels auf den Stellen der stärksten Reibung noch den Nutzen, daß es nicht die durch Berührung heterogener Metalle hervorgerufene Elektricität einen Sauerungsproceß einleitet, der das Verschleiden des Oels und seine Zähigkeit beschleunigen würde.

S. von Zach Corresp. Astron. Vol. III. p. 174.

5. Noch bleibt ein wesentliches Hinderniß eines richtigen Ganges zu beseitigen; übrig, der Einfluß der *Temperatur*. Die Wärme macht die Spiralfeder schwächer, und die Schwingungen der Unruhe langsamer. Man begegnet diesem Verlust, indem man zwei an der Unruhe angebrachte Gewichte durch die Wirkung eben derselben Wärme den näher rücken läßt, wodurch das Trägheitsmoment der Unruhe erleichtert und sie fähig wird, auch bei geringer Feder eben so schnelle Schwünge zu machen, wie

6. Alle einzelnen Theile des Werkes, die an der Unruhe bewegen, müssen aufs Beste *aequilibrirt* seyn. Besonders von der Unruhe, welche, wenn sie (ohne Spiralfeder) selbst überlassen ist, nirgend eine Ueberwucht zu zeigen. Dafs die Axen an ihren Ansätzen keine eigentliche Reibung, sondern nur mit der äußersten Spitze einen von Stein verfertigten Deckel des Zapfenlochs berührt, ist eine Bedingung, die sich bereits aus den in Nr. 4ten Bemerkungen ergibt.

Die *Chronometer* in ihrer gegenwärtigen Vollständigkeit sind ein wichtiges Beförderungsmittel der Schiffahrt der nautischen Geographie geworden. Die Leichtigkeit, mit welcher man aus einigen Sonnenhöhen jeden Augenblick die wahre Zeit finden, mithin die Ortsveränderung des Schiffes der Länge bestimmen kann, macht dieses Werkzeug besonders bei Küsten-Aufnahmen zur Bestimmung der Latituden stationen sehr nützlich. So trefflich übrigens die Methode, welche ein gutes Chronometer für die Bestimmung der Länge leistet, so wird dennoch jeder Seefahrer wohl zu Zeit zu Zeit die Angaben, desselben durch Längenbestimmung aus Mondstanz zu prüfen, welche bei der gegen die Genauigkeit der Spiegelsextanten, der Reductionstabellen und besonders der Mondtafeln ein zuverlässigeres Resultat wahren, als diese kleinen, so manchem Zufall ausgesetzt sind Maschinen. Etwas entbehrlicher wird diese Prüfung zern Ueberfahrten, und besonders wenn man im Besitz einer wohlgeprüften Chronometer der besten Art sich

1 Vergl. *Compensation*.

den relative Aenderung bei dem Wechsel der Temperaturen (wobei immerhin auf die Fluidität des Oeles einen unausweichlichen Einfluss behalten) man kennen gelernt hat. In diesem Verlaufe läßt sich aus der bloßen täglichen Vergleichung der Uhren mit einander die Epoche und das Quantum der Aenderung der relativen, mithin auch diejenige ihres absoluten Ganges erfahren. Ueberdem liegt es in den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit, daß wenn alle Chronometer von gleicher Güte sind, das arithmetische Mittel aus Allen der Wahrheit sehr nahe kommen werde. Sind sie es nicht, so läßt sich die Zuverlässigkeit des einen und andern durch Zahlen ausdrücken, nach welchen ihre Angaben beim Zusammenschlagen derselben modificirt werden müssen. Ein wichtiger Vorzug chronometrischer Längenbestimmungen liegt noch darin, daß sie von jeder Art zweifelhafter Elemente, wie Mondsdurchmesser, Parallaxe, Abplattung, Refraction u. s. w. abhängig sind. Die- ses hat wohl die englische Admiralität veranlaßt haben, ein wichtiges Puncte durch Chronometer bestimmen zu lassen. Im Sommer 1822. sandte sie den Dr. TILKES von Greenwich nach Madeira mit 17 Chronometern; im Sommer 1823. von dort nach Falmouth und zurück mit 29 im Sommer 1824. nach Helgoland mit 36 Chronometern; die Länge von Falmouth ergab sich hieraus zu $20^{\circ} 11' 3''$ west. von Greenwich, statt wie aus den trigonometrischen Messungen nur zu $20^{\circ} 6' 9''$ bestimmt worden war.

Mit Recht haben berühmte Seefahrer und Kenner der nautischen Astronomie¹ sich gegen die Gleichgültigkeit erhoben, mit welcher oft bei wichtigen und kostbaren Ausrüstungen die Anschaffung eines Chronometers vernachlässigt wird. Es ist nur kürzt die tägliche Bestimmung der Länge die Reise des Seefahrers ab, indem sie ihn, falls er durch Strömungen abgelenkt worden wäre, in den Stand setzt, immer den Course seiner jedesmaligen Station zu verändern, sondern eben. Die Beschleunigung der Reise ist oft für das Heil seiner Schiff-

¹ z. B. KRUSENSTERN in Zachs Corresp. Astron. VII. p. 150. Capt. HALL im Edinb. Philos. Journ. N^o 4. und von ZACH an mehreren Orten der Monatl. Corresp. und der Corr. Astron.

fer von den wichtigsten Folgen. Eine Verspätung von wenigen Stunden, um welche er dem Port zu spät sich nähert zuweilen den Untergang des Schiffes, oder einen Zeitverlust von mehrern Wochen nach sich. Die Ersparung von einhundert Thalern hat schon mehr als einmal den Verlust von Millionen zur Folge gehabt, selbst in Fällen, wo die Geschicklichkeit und Sorgfalt des Befehlshabers jedes Versehen der auszuschließen schien. So wurde den 2. April 1804 englische Fregatte Apollo, die eine Flotte von 61 reich beladenen Schiffen nach Westindien begleitete, sechs Tage nach ihrer Abfahrt mit 40 dieser Schiffe vom Sturm an die Portugiesische Küste geworfen, nur darum, weil der Capitän J. W. Dixon durch Sturm und Strömung um 3,5 Grad weiter Westen getrieben worden war, als die Schifferrechnung wies. Hätte er ein nur mittelmäßiges Chronometer gehabt, so hätte er, da am Tage vor seinem Unglück die Sonne sich (er erhielt nämlich eine Breitenbestimmung) durch ein Sonnenhöhen über das Gefährliche seiner Lage belehrt, dem Südwest-Sturme durch einen nördlichen Kurs dem Selbstbruch entrinnen können. Die französische Fregatte Mesurier verunglückte im J. 1817 aus dem nämlichen Grunde. eben so warnendes Beispiel liefert das Schicksal des großen englischen Transportschiffes Arniston, das mit einer dazwischen zwei Corvetten geleiteten Flotte von Ceylon nach Europa rückkehrte. Ehe man das Vorgebirge der guten Hoffnung erreichte, verlor der Arniston die übrigen Schiffe aus dem Anblicke, und blieb nun sich selbst überlassen. Am Vorgebirge der guten Hoffnung regieren starke westliche Strömungen, welche die von Osten kommenden Schiffe in ihrem Laufe bedeutend zurücksetzen. Ungewiss über seine Länge (die Chronometer waren am Bord der Kriegsschiffe) hatte der Capitän nach guten Angaben täglich 20 nautische Meilen von seiner Rechnung abgezogen, und glaubte endlich am 11ten Tage sein Schiff nach Norden auf Helena wenden zu dürfen. Ein heftiger Sturm von Süden schien seine Fahrt zu begünstigen; allein wie groß war das Erstaunen, als er nach wenigen Stunden sich von Land zu geben, und unentrinnbar in die 100 Meilen ostwärts vom Vorgebirge liegende Struysbey hineingetrieben sah. Vergeblich warf er die Anker aus; die Wuth des Sturmes und der Wellen warf

uff an die Küste, und die ganze Mannschaft, die aus einigen kranken Invaliden, etwa 50 Weibern und einer großen Anzahl Kindern bestand, fand ihr Grab in den Fluthen. Nur fünf Personen entkamen dem traurigen Schicksal.

Einfluss des Magnetismus auf den Gang der Chronometer.

Schon im J. 1798 macht VARLEY auf die Abweichungen aufmerksam, welche durch den Magnetismus der Unruhe vornehmlich des stählernen diametralen Steges an derselben im Gange der Chronometer hervorgebracht wurden. Er zeigte, daß ein solches Chronometer, wenn der Nordpol jenes Tüchchens nach Norden gerichtet war, täglich 5'35" voreilte, und in entgegengesetzter Richtung um 6'48" zurückblieb. Obwohl nun dieses Beispiel ganz außerordentlich ist, so fand sich dennoch seither an vielen Chronometern ein Unterschied von einer oder mehreren Secunden im täglichen Gange, wenn z. B. die Zahl XII. das einmal nach dieser, das andere nach einer entgegengesetzten Richtung gekehrt wurde. Einer von JARVIS's Chronometern veränderte seinen Gang von 4" bis 9", wenn er, das einmal Nord-Ost, das andere mal Süd-West gerichtet wurde. Zur Zeit, als die Entdeckung vom Magnetismus der Eisenmassen im Schiffe und ihrer störenden Wirkung auf den Compass¹ gemacht wurde, kam auch dieser Gegenstand aufs Neue in Anregung; besonders wollte man darin eine Erklärung der befremdlichen Erscheinung finden, daß viele Chronometer auf dem Schiffe einen andern Gang annehmen, als sie kurz zuvor am Lande gehabt hatten. Ein gewisser HARVEY hat über den Einfluss künstlicher Magnete viele Versuche angestellt, die aber größtentheils unbrauchbar sind, weil er nicht die Unruhe, sondern nur die Hauptfeder in regelmäßige Lage gegen einen 18 Zoll langen Magnetstab gebracht hatte. Dadurch wurde die Unruhe von zwei nach Lage und Annäherung veränderlichen, Magnetismen, dem directen des Magnetstabes und dem (von diesem erregten) der Hauptfeder sollicitirt, so daß sich aus dieser gemischten Wirkung keine bestimmten Resultate ableiten lassen. Bei einigen dieser Versuche ging

¹ S. den Artikel: *Ablenkung*.

die Aenderung des Ganges auf etwa 45 Sec. in plus und minus. Geringe Veränderungen der Länge der Chronometer und der Magneten brachten bedeutende Aenderungen des Ganges hervor; doch kehrten die Uhren nach dem Versuche bald wieder zu ihren vorigen Gänge zurück. Es ist wohl kaum der Werth; diese Versuche, die wegen des Einflusses der Wärme und der stählernen Axen kein reines Resultat gewähren, weiter auszudehnen; ungleich sicherer möchte es den Steg der Unruhe aus Messing, oder wenn man die Aenderung dieses Metalles scheut, aus Platin zu verfertigen, vielleicht auch dieses Metall zur Verfertigung der Compensationsstreifen anzuwenden. SCORESBY schlägt vor, die Chronometer auf ein Lager zu legen, das auf einer Spitze durch eine unterhalb in einiger Entfernung angebrachte Magnetnadel in unveränderter Richtung erhalten würde. Er hat bei dieser Vorrichtung gute Resultate wahrgenommen ¹. H.

Circummeridianhöhen.

Altitudines siderum parum a meridiano distant
Hauteurs circon-meridiennes. Höhen der Gestirne in der Nähe des Meridians beobachtet sind. Man bedient sich dieser Höhen, wenn man aus Mangel an feststehenden Instrumenten die wahre Meridianhöhe nicht mit vollkommener Genauigkeit erhalten kann, und es läßt sich die wahre Meridianhöhe aus einer Reihe solcher Höhen, die mit Angabe der Uhrzeiten nahe an der Culmination genommen sind, gut bestimmen. Hat man nämlich aus correspondirenden Höhen die Zeit des wahren Mittags bestimmt, so weiß bei jeder einzelnen Beobachtung, wie weit vom Mittage sie gestellt ist, und kann aus der oberflächlich bekannten Polhöhe die *Reduction auf den Meridian* für jede Beobachtung i. die wahre Mittagshöhe sehr genau finden, wodurch dann die Polhöhe selbst genau gefunden wird ². B.

¹ Siehe das Edinb. Philos. Journ. Nr. 17. p. 41, und Nr. 19 ferner die Philos. Transact. for 1822. p. 241.

² Littrow. Astronomie I. S. 149. 171.

Circumpolarsterne.

tellae polo vicinae; Circum-Polar Stars. Die Sterne, welche dem wahren Pole des Himmels nahe stehen. Man braucht sie gern zu Bestimmung der Polhöhe, weil ihre beiden Höhen im obern und untern Durchgange durch den Meridian die Polhöhe des Ortes geben, die nun noch wegen der in dieser Höhe statt findenden Refraction corrigirt werden muß. Man hat hiebei nicht nöthig, die Declination des Sternes zu kennen, und da für Sterne, die nur wenige Grade vom Pole entfernt sind, die Höhe sich um die Zeit der Culmination sehr wenig ändert, so schadet selbst eine kleine Entfernung des Instruments von der Meridian-Ebene wenig. Der Polarstern ist hierin vorzüglich geeignet. Selbst aus Beobachtungen des Polarsternes außer dem Meridian läßt sich die Polhöhe gut bestimmen ¹. Aber nicht bloß zu Bestimmung der Polhöhe, sondern auch um die Stellung der Meridian-Instrumente zu berichtigen, dienen die Circumpolarsterne. Beobachtet man nämlich an einem Fernrohr, das in einer Vertical-Ebene beweglich ist, den Durchgang des Sternes oberhalb und unterhalb des Poles, so ist die Zwischenzeit die genaue Hälfte eines Sternentages, wenn jene Vertical-Ebene die Ebene des Meridians ist; findet man also die Zwischenzeit abweichend von einem halben Sternentage, so erkennt man sogleich, nach welcher Seite die Stellung des Instruments vom Meridian abweicht, und kann auch die Gröfse dieser Abweichung leicht berechnen ². B.

Cohäsion.

Cohärenz, Zusammenhang; *Cohaesio, cohaerentia*; Cohésion, cohérence; *Cohesion*; bezeichnet den Grad der Stärke, womit die Bestandtheile fester, oder eigentlich starrer Körper zusammenhängen, oder auch den Widerstand, welchen diese Körper einer Trennung, einem Zerrissen- oder Zerbrochenwerden entgegensetzen. Diese Eigenschaft der starren Körper fällt also gleichsam mit ihrer *Festigkeit* zusam-

¹ Littrows Astronomie I. 173.

² Littrows Astron. I. 391.

men, und wird daher vielfach durch die letztere ausgedrückt. Bei der Untersuchung dieses Gegenstandes sind zwei verschiedene Gesichtspuncte zu berücksichtigen, aus welchen man die Sache betrachten kann, indem man nämlich entweder die *Naturkraft* zu erforschen sich bemüht, auf welcher dieser Zusammenhang der Bestandtheile starrer Körper und der ungleiche Widerstand beruhet, welchen sie den trennenden Kräften entgegensetzen, oder unbekümmert um das eigentliche Wesen dieser bis jetzt noch unerforschten Ursache sich an die *Thatsachen* hält, und die Stärke des Zusammenhanges oder den Grad der Cohäsion der einzelnen Körper unter den mannigfaltigen bedingenden Umständen untersucht. Da das Letztere von großem praktischen Nutzen ist, das Erstere aber schon in Verborgenen aus keinen reellen Gewinn verspricht, so könnte man geneigt seyn, bloß jenes zu berücksichtigen und dieses gänzlich vernachlässigen. Allein da die Erscheinungen der Cohäsion tief in die eigentlichen Naturgesetze eingreifen, und mit der philosophischen Untersuchung der Naturkräfte in so genauem Zusammenhange stehen, so ist es selbst aus dem geschichtlichen Gesichtspuncte betrachtet unumgänglich nothwendig, das Wesentlichste von demjenigen beizubringen, was man zur Aufklärung dieser Erscheinungen an sich bisher aufgestellt hat.

1. Theoretische Betrachtungen.

Schon in den ältesten Zeiten hat man versucht, die auffallende Erscheinung der Cohäsion auf ein allgemeines Naturgesetz zurückzuführen. Nach den Peripatetikern war Härte und Zusammenhang eine *Qualität zweiter Ordnung*, oder eine Folge der Trockenheit, welche ihnen für eine *Qualität erster Ordnung* galt. Andere Scholastiker redeten von einem ursprünglichen Leime; oder von kleinen Häkchen der Atome, und GILAEI wollte diese Eigenschaft der Körper auf den Abschied der Natur am leeren Raume zurückführen. Nach CARTESIUS ist Härte und Zusammenhang fester Körper eine Folge der

1 Vergl. über diesen Sprachgebrauch die Artikel *Anziehung* p. 347 und *Adhäsion* I. p. 171.

2 Princ. phil. II. §. 55.

den Ruhe ihrer Theile, indem dagegen die der Flüssigkeiten
 steter Bewegung seyn sollen. Wie diese Erklärung sich da-
 zu Uebereinstimmung bringen lasse, daß die festen Körper
 ganz bewegt werden können, ohne Aufhebung ihres Zu-
 sammenhanges, ist allerdings leichter begreiflich, als daß die
 Luft selbst durch die Schwingungen schallender Körper
 aufgehoben wird; indess belohnt es sich überhaupt der
 nicht, solche an sich ganz unbegründete Hypothesen zu
 legen, wie schon daraus hervorgeht, daß im Gegensatze
 der eben aufgestellten Meinung LEIBNITZ¹ die Cohäsion
 die Folge der Bewegung der Körperelemente angesehen
 zu will. JACOB BERNOULLI² leitete die Cohäsion zuerst
 von der Trägheit der Luft ab, worauf ihn wohl vorzüglich die Ver-
 suche mit sogenannten Cohäsionsplatten führten. Weil aber
 auch die Stärke der Cohäsion selbst, als auch das Verhalten
 der Körper im luftleeren Raume hiergegen streitet, so nahm
 er seinen eigenen *Aether* als wirkende Ursache an, dessen Ela-
 sticität übrigens nach WINKLER³ 1912 mal stärker, als die der
 Luft seyn müßte, um die Stärke des Zusammenhanges beim
 Draht zu erklären, wovon ein Draht von 0,1 Z. im Durch-
 messer durch 299 & zerrissen wurde. Als gänzlich ungenü-
 gend ist auch diejenige zu betrachten, welche HEN-
 RY aufgestellt hat. Er argumentirt nämlich, daß der Ver-
 such mit den Magdeburger Halbkugeln eine durch den Luft-
 vacuum bewirkte Cohäsion beweise. Diese reiche aber nicht
 aus, um die Phänomene genügend zu erklären, wohl aber das
 Verhalten der Feuer, welches als Mittel, alle Körper zu trennen, auch
 dazu seyn müsse, sie zusammen zu halten, um so mehr, als
 die Flamme in seiner eigentlichen Gestalt sich auflösend, als Licht
 zerfließend, als Elektricität wieder anziehend zeige. Ohne
 zu zweifeln sey daher die *Elektricität* das eigentliche *Elemen-*
ter, und vielleicht das Löthen der Metalle so wie das
 Schmelzen des Eisens im Feuer ein directer Beweis für die Gül-

¹ Theoria motus. Lond. 1671. 12. Phil. Tr. VI. 2213.

² De gravitate aetheris. Amst. 1683. 8. Opp. I. 45.

³ Anfangsgründe der Phys. §. 642.

Phil. Trans. 1777.

tigkeit dieser Hypothese. Auch nach HUBE¹ soll die elektrische Anziehung allen Erscheinungen des Zusammenhängens zu Grunde liegen, indem alle Körper in einem gewissen Verhältnisse stets elektrisch sind. RITTERS² Hypothese, welche gleichzeitig durch v. ARNIM³ aufgestellt wurde, wonach die Cohäsion mit dem *Magnetismus* zusammenfallen oder mindestens damit verwandt seyn soll, kann bei der jetzigen Kenntniß des Gegenstandes keinen Beifall mehr finden.

Dafs die Erscheinungen der Cohäsion im Allgemeinen *Attraction* gehören, kann nicht bezweifelt werden, und würde sehr unphilosophisch argumentirt seyn, wenn man annehmen wollte, die Stärke des Zusammenhanges der starren Körper sey etwas diesen eigenthümlich Zukommendes, und zu Verbindung mit den übrigen Naturgesetzen Stehendes. Vieles beobachten wir, dafs die Cohäsion der nämlichen Körper stärker bald schwächer ist, und dafs sie namentlich bei schmelzbaren, z. B. den Metallen, von dem schwächsten streben nach *Annäherung* ihrer Theile gegen einander in Dampfform zur *Adhäsion* im Zustande der tropfbaren Flüssigkeit, und nach dem Erstarren zur schwer überwindlichen *Festigkeit* übergeht, wonach also die Cohäsion zur allgemeinen Naturkraft der Anziehung zu rechnen ist. NEWTON, welcher das Attractionsgesetz auffand, und vielfach angewandt hat sich auf verschiedene Weise über die eigentliche Ursache der Cohäsion geäußert, ohne jedoch auf diese Resultate bloßen Speculation großen Werth zu legen. Den Druck des *Aethers*, welcher zu seiner Zeit sehr allgemein als existirend und wirkend angenommen wurde, und auf welchen auch die Phänomene der Schwere und Gravitation zurückzuführen mit unter sich nicht abgeneigt zeigte⁴, scheint er nicht als Ursache der Cohäsion angesehen zu haben. Dagegen äußert die Hypothese, es möchten wohl die kleinsten Theilchen Körper, durch die stärkste Anziehung gebunden, grössere Körper von geringerem Zusammenhange bilden, diese aber

1 Vollständiger und fasslicher Unterricht in der Naturlehre II.

2 G. IV. 15.

3 G. III. 48.

4 S. *Anziehung* p. 324.

größere von noch schwächerem Zusammenhange u. s. w. Die Reihe mit den gröberen Theilen aufhöre, von denen die optischen Operationen und die Farben abhängen, und deren Verbindungen sinnlich wahrnehmbare Körper bildeten. Von dem Grade der Trennung in solche feinere oder gröbere Theile könnte dann der Zustand der Flüchtigkeit und Feuerbarkeit, der Flüssigkeit und Festigkeit abhängen². Eine beiläufige Aeußerung KANT's³, daß die Anziehung die man zur Erklärung des Zusammenhanges der Materie annehme, vielleicht nur scheinbar sey, und die Meinung vieler habe, daß die Zusammendrückung eines überall vertheilten Aethers Ursache dieser Phänomene sey, ist zu wenig, zu schwach begründet und in zu losem Zusammenhange mit der Theorie dieses berühmten Philosophen, als daß sie Beachtung verdiente.

Nur hat bekanntlich Anziehung und Abstofsung (*Zieh- und Dehnkraft*) als Urkräfte oder Grundkräfte aufgeführt, welche der Materie zu ihrer Existenz nothwendig zukommen sollen, und seine Anhänger wollen hieraus, wie früher GODWIN KNIGHT³, die verschiedenen Naturerscheinungen erklären, so daß also auch die Cohäsion in nichts andern, als in einem *Uebergewichte der Ziehkraft* bestehen würde. Einestheils aber ist die Annahme dieser Kräfte als Grundkräfte eine bloße Hypothese, anderntheils zeigt eine sorgfältige Prüfung bald, daß zwar die *Anziehung* als allgemeine Eigenschaft der Materie zukommend sich überall in der Erfahrung darstellt, daß aber in specieller Beziehung auf die *Cohäsion* die Hauptfrage hierdurch gar nicht beantwortet wird, nämlich warum sich diese gegenseitige Anziehung der Bestandtheile eines Körpers bei den verschiedenen Substanzen und unter verschiedenen Umständen auf so *ungleiche Weise* und in sehr *abnehmender Stärke* zeigt.

Indem es ausgemacht ist, daß alle Materie allgemeine Anziehung ausübt, so gewährt es den einzigen Anhaltspunct bei

Optice ed. Clarkii. Lond. 1706 qu. 23. p. 337 ss.

Metaph. Anfangsgr. der Naturw. Leip. 1800. p. 125.

8. *Abstofsung* p. 122. Vergl. *Materie*.

9. *Anziehung*.

diesen Betrachtungen, wenn man untersucht, ob sich die Erscheinungen der Cohäsion auf diese allgemeine Naturkraft zurückführen lassen, und in welchem Verhältnisse sie zu derselben stehen. Man kann diese allgemeine Ansicht der Sache zu unserer Deutlichkeit noch näher bestimmen, wenn man die Sache sogleich innerhalb derjenigen Grenzen hält, in welcher geschlossen sie meistens betrachtet wurde, nämlich ob die Erscheinungen der Cohäsion sich auf die von NEWTON aufgefundenen Massen direct und den Quadraten der Abstände umgekehrt proportionale Anziehung zurückführen lassen, oder ob es anders modificirten, wo nicht ganz eigenthümlichen Kräften ihrer Erklärung bedarf. In dieser Hinsicht stehen die Meinungen zweier großen Geometer einander entgegen, nämlich NEWTON's, welcher anzunehmen geneigt war, daß die Anziehung der Cohäsion in einem höheren umgekehrten Verhältnisse der Abstände wirke, und LA PLACE's, welcher meint, daß auch diese sich auf das umgekehrte quadratische zurückführen lasse.

Gegen die letztere Meinung, so sehr man übrigens die gemeinen Naturgesetze zu vereinfachen und auf eine geringe Anzahl zurückzubringen suchen muß, läßt sich mit Grund einwenden, einestheils daß diejenige Anziehung, wodurch wägbare Körper gegen einander und gegen die Erde zu einer sollicitirt werden, jedem einzelnen materiellen Theilchen auf gleiche Weise zukommen, und daher den Massen direct proportional ist, daß dagegen die Anziehung der Cohäsion verschiedenen Körpern verschieden, z. B. anders beim Kupfer als beim Blei, beim Zink, beim Silber u. s. w. gefunden wird, andernteils aber, daß die Adhäsion flüssiger Körper an festen und die Cohäsion der letzteren bedeutend stärker sind, als die Gravitation und Schwere, daß sie neben und zugleich mit letzteren bestehen, und mit der Trennung der Theile in der Regel größtentheils oder gänzlich aufhören. Rücksichtlich das Erstere müßte man also entweder annehmen, daß die Bestandtheile des einen Körpers mehr als die eines andern der Kraft der Anziehung afficirt würden, was aber mit der Allgemeinheit und der Gleichartigkeit der Gravitation

1 Vergl. *Anziehung*.

vereinbar wäre, oder daß eine dieser Anziehung entgegen-
 stehende Kraft bei einigen mehr, bei andern weniger die Wir-
 kung derselben vermindern. Was aber NEWTON vermochte,
Flächenanziehung, oder die Anziehung in der Berüh-
 rung von der allgemeinen, nach ihm benannten, Attraction
 unterscheiden, und ihr eine in einem stärkeren Verhältnis-
 se Annäherung als dem quadratischen wachsende Kraft zum
 Grunde zu legen, ist insbesondere der Umstand, daß getrenn-
 te Theile des nämlichen Körpers auch wenn sie wieder mit ein-
 ander in Berührung gebracht werden, dennoch gar keine oder
 eine geringe Anziehung gegen einander zeigen. Es läßt sich
 leicht mit genau flach geschliffenen Platten von Marmor, Glas,
 u. dgl. (den sogenannten *Cohäsionsplatten*) zeigen,
 daß auch ohne Bindemittel bei sehr genauer Berührung ei-
 n bedeutenden Grad des Zusammenhängens zeigen; eigent-
 lich ist dieses nur *Adhäsion*, und die Stärke des Zu-
 sammenhaltens steht derjenigen, welche diese Substanzen im
 festen Zustande zeigen, oder der eigentlichen *Cohäsi-*
 on sehr weit nach. Am beweisendsten in dieser Hinsicht ist
 der Versuch, wenn man zwei Bleicylinder mit ihren glatt ge-
 polirten Flächen fest an einander drückt, in welchem Falle
 das weiche, und somit nachgebende, Metall eine innige
 Verbindung mehrerer Punkte, eine ganz eigentliche Verbindung
 der berührenden Theile gestattet, und dann einen bedeu-
 tenden Grad des Zusammenhanges zeigt². Hieraus, eben wie
 aus Erscheinungen der Adhäsion und Capillarität, ergibt
 sich, daß die Wirksamkeit der hierbei thätigen Kraft sich
 auf eine unmeßbar kleine Entfernung erstrecken könne, in der
 eben Berührung aber weit stärker sey, als die sich zu-
 wegs äuffernde, den Massen directe und dem Quadrate des
 Abstandes umgekehrt proportionale Anziehung.

Dieses liegen diese Beweise gegen die Gleichheit der Flä-
 chenanziehung und der allgemeinen Attraction viel zu nahe,
 als die scharfsinnigen Physiker, und unter ihnen nament-
 lich L. PLACE, welche dennoch beide ihrem Wesen nach für
 verschieden zu halten geneigt sind, sie sollten übersehen haben. Nach

2. *Adhäsion* p. 173.

diesen lassen sich nämlich die Erscheinungen der Cohäsion allerdings auf das Newtonsche Attractionsgesetz zurückführen wenn man nur annimmt, daß die constituirenden Bestandtheile der Körper einander nahe genug gebracht werden, um in die gegenseitige Attractionssphäre zu kommen, welches nur in mittelbarer oder sehr nahe unmittelbarer Berührung geschehen kann, da die Durchmesser aller Körperelemente verschwindend klein sind, folglich eine so genannte nahe Berührung immer einen Abstand von vielen Halbmessern derselben trägt¹. Diesen allerdings schweren Satz erläutert ROBERTSON in besonderer Beziehung auf die Cohäsion und ihre Vergleichung mit der Gravitation durch ein Beispiel. Angenommen die außerordentlich starke Anziehung eines Körpers erstreckte nur auf eine solche Entfernung von demselben, seinen Durchmesser als Einheit angenommen, daß sie bei der Erde in einem Abstände von einem Fusse schon verschwindend wäre, so man hätte eine Menge Kugeln, jede von 1 F. Durchmesser unmittelbarer Berührung neben einander liegend, höbe von denselben eine in die Höhe bis auf einen Fuß Abstand von der Oberfläche, so würde diese schon aufhören gegen die Erde zu gravitiren, zugleich aber würde eine folgende von ihr durch die größte Kraft angezogen werden, von dieser wieder eine andere und sofort, wobei man dem Gewichte nach stets nur eine einzige zu tragen hätte, obgleich zur Trennung der an einander hängenden Kugeln eine sehr große Kraft erforderlich wäre.

Viele Gelehrte haben die schwierige Frage, ob zur Erklärung der Cohäsion eine eigenthümliche, in höheren umgekehrten Verhältnissen, als dem quadratischen, zunehmende sogenannte Flächenkraft anzunehmen sey, oder auch diese, wie die Adhäsion, auf die Newtonsche Attraction zurückgeführt werden könne, mit vielem Scharfsinn und gründlich geprüft, von welchen Bemühungen die wesentlichsten hier erwähnt werden mögen. NEWTON³ zuvörderst bewies daß

1 Vergl. *Anziehung*. p. 341.

2 Mech. Phil. I. 233.

3 Princ. I. sect. XII. prop. LXXI. theor. XXI. ss. Der Beweis dieses Satzes findet sich ausführlich in der Ausgabe der Principien von TETTERTON. T. I. Pragae 1780 p. 268. Vergl. G. G. Schmidt. in Münch. Denkschr. 1808. p. 279.

Reihe von Schlüssen, daß ein Punct außerhalb einer Kugelfläche, welcher gegen alle Puncte derselben gravitirt, von ihr nach dem Mittelpuncte mit einer dem Quadrate des Abstandes von diesem umgekehrt proportionalen Kraft angezogen werde, und indem dieses für alle sehr dünnen Kugelschichten, und auch für die ganze Kugel gilt, so läßt sich annehmen, daß die gesammte Anziehung im Centro derselben vereinigt sey, welches daher auch der *Mittelpunct der Anziehung* genannt wird. Wenn daher von zwei gegebenen Puncten der eine sich in meßbarem Abstände, der andre aber in der Berührung der Kugeloberfläche befindet, so wird das angegebene Verhältniß der Anziehungen bei beiden stets ein endliches bleiben; wogegen aber SCHUMPT¹ erinnert, daß der Satz bloß in dem Fall streng bewiesen ist, wenn die Entfernungen der Puncte gegen die Halbmesser der Kugeln als unendlich groß angenommen werden. Inzwischen folgerte NEWTON² hieraus die Flächenanziehung, wodurch die Cohäsion bewirkt werde, im umgekehrten höheren Verhältnisse, etwa dem kubischen oder biquadratischen zunehmen müsse, ein Satz, welchen späterhin auch KEIL³ vertheidigte, indem er annahm, daß die Cohäsion für die Entfernung = x das Gesetz der Cohäsion nach der Formel $\frac{A}{x^2} + \frac{B}{x^3}$ oder $\frac{A}{x^2} + \frac{B}{x^m}$ ausdrücken.

Während man sich im Allgemeinen mit dieser Vorstellung begnügte, oder vielmehr die ganze Frage lange Zeit auf sich beruhen ließ und die anderweitigen verschiedenen, zur Anziehung im Allgemeinen gehörigen Erscheinungen weiter untersuchte, veranlaßten einige nicht erschöpfende Bemerkungen von MURRAY⁴ eine nähere Betrachtung der Frage, ob die Cohäsion dem Newtonschen Attractionsgesetze erklärt werden könne, was BENZENBERG⁵, indem er zeigte, daß wir die Größe der

1 a. a. O. p. 284.

2 Princ. Sec. XIII. prop. 85 — 87.

3 Introductio ad veram Physicam et veram Astronomiam Lugd. 1725. p. 626.

4 Gren N. J. IV. 83.

5 G. XVI. 76.

einfachen Bestandtheile der Körper zwar nicht kennen, doch so viel durch Erfahrung sicher wissen, daß die Theile derselben weit kleiner sind, als unser Vorstellungsvermögen fassen vermag¹. Obgleich dann die Anziehung dieser Theile an allen Puncte oder der aus ihnen zusammengesetzten Körper selbst in sehr kleinen, aber meßbaren, Entfernungen merklich ist, so wird sie doch durch stets größere Anziehung im quadratischen Verhältnisse wachsend zuletzt in endliche zunehmen, und jede mechanische Gewalt weit überwinden lassen müssen², so daß es hiernach also zur Erklärung der Cohäsion keiner besonderen Flächenkraft bedürfe.

Mit noch mehrerem Grunde machte ferner J. T. Mayer den gegründeten Einwurf gegen eine *eigenthümliche Cohäsionskraft* oder Cohäsionskraft, daß noch niemand durch irgend einen Versuch eine solche im umgekehrten kubischen höheren Verhältnisse des Abstandes wirkende Kraft nachzuweisen habe, auch nicht wohl begreiflich sey, wie damit die bekannte Kraft der Anziehung z. B. der Erde gegen den Mond als im Mittelpuncte dieser Körper vereinigt, verträglich sey. Dagegen sprach MAYER ganz deutlich seine Meinung aus, daß die Erscheinungen der Cohäsion sich füglich auf das allgemeine Gesetz der Anziehung im umgekehrten quadratischen Verhältnisse des Abstandes zurückbringen lassen, und die Richtigkeit dieser Behauptung durch den Calcül. In den bekannten Abhandlungen über die Capillaranziehung⁴ äußerte auch der große Geometer DE LA PLACE, daß die Erscheinungen der Cohäsion sich füglich auf das allgemeine Gesetz der Anziehung zurückführen lasse, wenn man die Durchmesser der kleinsten Bestandtheile der Körper gegen ihre Entfernung voneinander bei ihrer nur scheinbaren, aber nicht wirklichen mittelbaren Berührung in den festen Körpern unendlich klein nähme.

Sowohl die Newtonsche Behauptung, als auch die ent

1 Vergl. *Theilbarkeit*.

2 Vergl. Emmet in Ann. of Phil. XVI. 180 ff.

3 Comm. Soc. Gott. XVI. 52.

4 S. *Capillarität*.

Lehrsätze von La Place werden gründlich geprüft durch G. G. LAMBERT¹, und bei der Wichtigkeit des Gegenstandes möge folgende kurze Darstellung der hauptsächlichsten Momente zur klärteren Uebersicht des Ganzen dienen. Newton's Behauptung ist, daß man sich die Summe der Anziehungen aller anziehenden Theile eines Körpers, z. B. einer Kugel, gegen einen innerhalb derselben gelegenen Punct im Mittelpuncte der anziehenden Kugel vereinigt denken könne, und indem die Summe aller Anziehungen der Masse der Kugel directe und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional angenommen wird, so folgt, daß die Anziehung einer Kugel vom Halbmessung r gegen einen Punct, welcher sich in der Entfernung

a von ihrer Oberfläche befindet $= \frac{\frac{4}{3} r^3 \pi}{(r + a)^2}$, gegen einen Punct in einer unmittelbaren Berührung mit ihrer Oberfläche $= \frac{\frac{4}{3} r^3 \pi}{r^2}$ seyn muß. Beide verhalten sich also wie

$\frac{1}{(r + a)^2} : \frac{1}{r^2}$. Der Beweis ist aber bloß in der Voraussetzung

geleitet, daß die Anziehung eines verschwindenden Kugelschnittes gegen einen außerhalb liegenden Punct im Verhältnisse zur Anziehung eines Segments von endlicher Größe verschwinde, welches keineswegs als ausgemacht annehmen ist, wie folgender Satz, als der einfachste unter den in der Abhandlung erörterten, deutlich zeigt. Es bezeichnen AB einen unendlich schmalen Cylinder von gegebener Fig. 42. p einen Punct in der verlängerten Axe desselben. Die Entfernung des Punctes p sey $= l$, ein Element des Cylinders $= e^2 dx$ und die veränderliche Entfernung des Punctes p $= l + x$, so ist nach Newton's Gravitationsgesetze die An-

ziehung des Elementes gegen den Punct $p = \frac{e^2 dx}{(l + x)^2}$, und die Summe der Anziehungen aller verschwindenden Elemente, ist die Anziehung des ganzen Cylinders $=$

$$\int \frac{e^2 dx}{(l + x)^2} = - e^2 (l + x)^{-1} + C. \text{ Es muß aber das}$$

¹ Münch. Denksch. a. a. O.

Integral für $x = 0$ verschwinden, und so wird $C = \frac{e^2}{1}$,

mithin das vollständige Integral $= \frac{e^2}{1} - \frac{e^2}{1+x} = \frac{e^2 x}{1(1+x)}$

Es ist aber $e^2 x$ die Masse des Cylinders, und wenn man d Entfernung seines Mittelpunctes vom gezogenen Puncte $=$

setzt, so ist die Stärke der Attraction $= \frac{e^2 x}{z^2}$ mithin $\frac{e^2 x}{z^2} =$

$\frac{e^2 x}{1(1+x)}$ und hieraus $z = \sqrt{1(1+x)}$. Setzt man 1 $\frac{e^2 x}{1(1+x)}$

gegen x verschwindend, so wird $z = 0$ und $\frac{e^2 x}{z^2} = \frac{e^2 x}{0} =$

oder in Worten ausgedrückt: ein schmaler Cylinder zieht ein seine Grundfläche unmittelbar berührenden Punct mit einer unendlich stärkern Kraft als jeden Punct, der sich in einer endlichen Entfernung in seiner Axe befindet. Wenn man auf gleiche Weise in der obigen, nach dem Newtonschen Attraction

gesetze gebildeten Formel $= \frac{\frac{4}{3} r^3 \pi}{(a+r)^2}$ zuerst r gegen a verschwin-

dend und a veränderlich setzt, so erhält man $\frac{\frac{4}{3} r^3 \pi}{a^2}$ und für $a = 0$

oder in unmittelbarer Berührung die Kraft der Anziehung unendlich; welches der Satz des LAPLACE ist. Aus allen, für verschiedene Körper nach Art des mitgetheilten geführten Beweisen folgen SCHMIDT: ¹ „daß die Anziehung zweier sich unmittelbar berührender Elemente, gegen eine jede Anziehung eines Körpers, welcher sich in einer endlichen Entfernung von dem gezogenen Elemente befindet, unendlich groß sey, und daß daher die Erscheinungen der Cohäsion, als Wirkungen einer Fließkraft, unabhängig von den Massenanziehungen der Körper existiren können, obgleich beide sich auf eine und dieselbe Grundkraft der Materie, welche in endlichen sowohl als in unendlich kleinen und unendlich großen Entfernungen nach dem nämlichen Gesetze wirkt, zurückführen lassen.“ Indem dieser wichtige Satz auf solche Weise präcis ausgedrückt ist

1 a. a. O. p. 296.

wird zugleich einem sonst leicht möglichen Mißverständnisse vorgebeugt, welches daraus entstehen könnte, wenn man sich dächte, es müsse sich die Anziehung eines verschwindend kleinen Körpertheilchens zur Anziehung durch die Erde wie die Kuben der Durchmesser beider zu einander verhalten, und könne daher bei ersterem nie anders als unendlich klein im Verhältniß gegen die Schwere seyn. Man muß aber vielmehr die Sache so auffassen, daß die Anziehung jedes einzelnen Elementes gegen jeden Punct in der Berührung unendlich groß ist, im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung abnimmt, und daß somit ein jeder Körper im Wirkungskreise der Schwere, welche als eine im Mittelpuncte der Erde vereinigte Gesamtwirkung aller ihrer Theile angesehen werden darf, sich schon in einer verhältnißmäßig unendlichen Entfernung von jedem einzelnen anziehenden Körperelemente, den Durchmesser desselben als Einheit genommen, befinde, und der Körper daher nur durch die unzählbare Menge der ihn in gleichen Entfernungen sollicitirenden einzelnen Theile der Erde schwer seyn könne. Man könnte sagen, daß schon Newton¹ diese Meinung angedeutet habe, wenn er von der unendlich großen Anziehung der kleinsten Körperelemente redet, wodurch größere Körper von stets abnehmender Anziehung entstanden.

Es ergibt sich also aus dem hier Mitgetheilten, daß die Erscheinungen der Cohäsion sich allerdings auf das Newtonsche Attractionsgesetz zurückführen lassen, und daß diese Hypothese auch durch den Calcül unterstützt werden kann. Noch weiter, als diese Möglichkeit zu demonstrieren, geht J. B. EMMET², welcher die bekannten Erfahrungen zum Grunde legt, daß 1. ebene Flächen an einander hängen, 2. Flüssigkeiten eine ihre Schwere überwindende Adhäsion an feste Körper zeigen; 3. sich berührende Tropfen in einander fließen; und 4. Gasarten ihrem spec. Gew. entgegen sich mischen, wonach also das Bestreben ihrer Partikeln hierzu sich auf einen weit über ihren Durchmesser hinausreichenden Raum erstreckt. Hieraus sucht EMMET die Unmöglichkeit einer im umgekehrten kubischen

1 a. a. O.

2 Ann. of Ph. N. S. III. 425.

oder biquadratischen Verhältnisse des Abstandes wirken Kraft zu beweisen. Es sey eine verschwindende Pyramide C A ein Element in A und zwei parallele Flächen K L, G H gleicher, verschwindend kleiner Dicke; so ist die Fläche K G H $\propto A L^2 : A H^2$. Die Kraft der Anziehung eines Theilchens in L verhält sich zu der Anziehung eines Theilchens in H wie $A H^3 : A L^3$. Es folgt also aus der Verbindung der beiden Gleichungen, daß die Kraft der Anziehung von K L der von G H $\propto A H : A L$. Fället man die Perpendikel A L J, H F, D B, und nimmt L J, H F, D B im Verhältniß Stärke der Anziehung, so ist die Linie B F J M eine Hyperbel und die Fläche B J L D giebt die Stärke der Anziehung Pyramidenstückes C K L D; die Stärke der Anziehung ganzen Pyramide auf den Punct A ist aber unendlich, weil Fläche B M N A D unendlich ist. Hiernach müßte also Anziehung gegen einen Punct in endlicher Entfernung sich Anziehung eines Punctes in der Berührung wie eine endliche Kraft zu einer unendlichen verhalten; und da eine unendliche Anziehung in der Natur nicht existirt, so läßt sich eine umgekehrten kubischen Verhältnisse des Abstandes wirkende Kraft nicht annehmen. Es ist aber eben das Bestreben Geometer, zu beweisen, daß die Anziehung in der wirklichen Berührung unendlich werden mußte, wenn es gleich der Natur weder eine wirkliche Berührung der Elementartheilchen (indem diese absolute Dichtigkeit erzeugen würde) noch auch eine unendliche Anziehung giebt.

Indefs giebt es zugleich auch nicht unbedeutende Physiker welche auf das bestimmteste, und unterstützt durch den Cavendish darzuthun gesucht haben, daß zur Erklärung der Cohäsion eine den Quadraten des Abstandes umgekehrt proportionale Anziehung der Körperelemente unzureichend sey, und man daher zu einer in höheren Potenzen wachsenden seine Zuzufucht nehmen müsse. Aufser denen, welche im Artikel *Anziehung* schon erwähnt sind, gehört hierhin auch BELLINNI, welcher aufser dem allgemeinen Gesetze der *Massenanziehung*

1 Brugnatelli G. VII. 169.

ein besonderes der *moleculären Anziehung* annehmen müssen glaubt, und namentlich in Beziehung auf die Kraft durch den Calcül zu beweisen sucht, daß weder das Gesetz einer im umgekehrten quadratischen, noch kubischen, noch nach biquadratischem Verhältnisse der Entfernung zunehmenden Kraft zur Erklärung der Phänomene passe, sondern daß eine noch höhere n^{te} Potenz anzunehmen sey, welche indess unbestimmt gelassen hat. Eine sehr gehaltreiche Abhandlung über die Anziehung der Fläche hat MOLLWEIDE ¹ veröffentlicht, und entscheidet hiernach für eine im umgekehrten kubischen Verhältnisse des Abstandes zunehmende Kraft als Ursache der Cohäsion. Eine gleiche Behauptung hat noch neuerdings J. F. FRIES ² aufgestellt, und allerdings mit triftigen Gründen durch den Calcül unterstützt.

Es liesse sich die Reihe der auf diese Weise einander entstehenden Autoritäten noch vermehren, wenn man hoffen dürfte, hierdurch zu einem endlichen genügenden Resultate zu gelangen. Auffallen muß es aber, daß dieser Gegenstand so leicht mit so großem Scharfsinn und einem so bedeutenden Aufwand des höheren Calcüls untersucht ist, ohne bis jetzt zu einer vollständigen Entscheidung gebracht zu seyn. Eine gründliche Revision aller darüber vorhandenen Berechnungen würde kaum zu überwindende Schwierigkeiten verwickeln, und auf allen Fall nicht am rechten Orte seyn. Betrachtet man die Sache im Allgemeinen, so scheint als Resultat der bisherigen Versuche stets das Bestreben hervorzugehen, für die Anziehung in der Berührung eine unendliche Wirkung aufzufinden, welche indess in der Erfahrung selbst nirgend geahndet wird, und auch nicht verlangt werden kann. Dabei kommt außerdem stets auf eine *unmittelbare* Berührung der angrenzenden Theile zurück, welche aus später zu würdigenden Gründen sichfalls nicht statt findet. Entfernt man sich indess von der Voraussetzung einer unmittelbaren Berührung, so müßte die GröÙe der Entfernung zur Begründung genauer

Mon. Cor. XXVII. 26. Vergl. XXVI. 602.

Die mathematische Naturphilosophie, nach philos. Methode dargestellt. Heidelb. 1822. p. 476.

Resultate scharf bestimmt seyn, und dennoch sind die Abstände, worin die genäherten Körper eine Flächenanziehung auf so verschwindend klein; daß eine genaue Messung derselben unmöglich wird, mithin giebt die Erfahrung diejenigen Thatsachen gar nicht an, auf welche man fußen müßte, um genaues Gesetz zu erhalten. Wollte man annehmen, daß die GröÙe der Ausdehnung, welche ein gegebener Körper durch die Wärme erleidet, zugleich der wachsende Abstand der Bestandtheile gegeben würde, dann die in höheren Temperaturen abnehmende Cohäsion messen, um hieraus das Gesetz der mit dem Abstände der Bestandtheile von einander zunehmenden Anziehung aufzufinden, so zeigt die Erfahrung, wie abhängig von anderweitigen Bedingungen, und somit unsicher, die Resultate solcher Versuche sind, und daß wenig Hoffnung vorhanden ist, auf diesem Wege die Frage zu beantworten. Man kann daher mit Grunde annehmen, daß das Gesetz der Cohäsion deswegen noch nicht völlig sicher gefunden ist, weil die Erscheinungen selbst nicht in demselben Ausdehnung und auf eine gleiche Weise messbar gegeben, als diejenigen, worauf Newton sein Attractionsgesetz gründete. Hierzu kommt denn ferner noch der Umstand, daß es eigentlich darum handelt, Gesetze und Erscheinungen zu entdecken, welche sich auf die unmeßbar kleinen Bestandtheile der Körper beziehen, deren GröÙe und eigentliche Beschaffenheit uns gleichfalls bis jetzt noch völlig unbekannt sind.

Die Schwierigkeiten einer genügenden Erklärung dieser Phänomene wachsen endlich durch folgende sehr nahe liegende Betrachtungen. Angenommen es existirte eine in irgend einem Verhältnisse des Abstandes abnehmende anziehende Kraft, Ursache der Cohäsion, wie geht es zu, daß nicht alle zu unserm Planeten gehörigen Körperelemente endlich mit einander zur unmittelbaren Berührung kommen, und hiernach unauflöslich fest cohäriren? Denn wie auch immer das Verhältniß des Abstandes seyn mag, so wird allezeit, wenn x die Stärke der Cohäsion, k die sie erzeugende Kraft und a den Abstand bezeichnet, nach der Formel $x = \frac{k}{a^n}$ für ein verschwindend kleines a oder die unmittelbare Berührung $x = \infty$ werden. Man kann

einwenden, daß dieses auch bei den Planeten als Folge Anziehung statt finden müßte, denn bei diesen ist eine Anziehung durch ihre stete Bewegung unmöglich. Die Anhänger *Kantischen Dynamik* glaubten die Sache durch den Satz der beiden, einander entgegenwirkenden Kräfte, nämlich der *Dehnkraft* und *Ziehkraft* erklären zu können, die bei verschiedenen Körpern und unter den modificirenden Bedingungen verschieden die ungleichen Aeufserungen der Cohäsion bewirken sollten. Allein einestheils ist die Annahme einer Kraft, als absolut zurückstoßender Potenz bloß hypothetisch, anderntheils wird durch die Annahme derselben die Schwierigkeit keineswegs beseitigt. Insofern nämlich *Dehnkraft* und *Ziehkraft* einander entgegengesetzt sind, müssen sie einander um gleiche Größen aufheben, und es wird daher nur die Resultatkraft, als die Differenz beider, übrig bleiben, welche, nach dem angegebenen Gesetze folgend, allezeit auf die nämlichen Resultate führt. Wollte man in den bloß hypothetischen Voraussetzungen noch weiter gehen, so ließe sich annehmen, daß zwei Kräfte, eine anziehende und eine abstossende, in un-
 gleichen Verhältnissen des Abstandes wirksam wären. Wir setzen Beispielsweise einmal voraus, daß die Cohäsion eine ursprüngliche Ziehkraft $= k$ und eine ursprüngliche Dehnkraft $= d$ erzeugt würde, wovon die erstere im umgekehrten quadratischen, die zweite im umgekehrten kubischen Verhältnisse des Abstandes $= a$ wirksam seyn möge: so würde

$$\frac{k}{a^2} - \frac{d}{a^3} = \frac{k a - d}{a^3}$$
 für die Berührung negativ werden, oder aber es fände in unmittelbarer Berührung gar keine Anziehung statt; bei der Voraussetzung aber, daß k beträchtlicher wäre als d , würde sie in geringer Entfernung ihr Maximum erreichen, bei größerer aber die Abstossung als unbedeutend vernachlässigt werden können, was sich mit den Beobachtungen wohl vereinigen ließe. Minder wäre dieses der Fall, wenn man das Verhältniß der Wirksamkeit beider Kräfte

S. *Abstossung*.

te umgekehrt annehmen wollte, in welchem Falle $k' = \frac{k - i}{a^3}$

in der Berührung unendlich werden müßte ¹.

So wenig befriedigend es auch ist, sich im Kreise die bloßen Hypothesen umherzutreiben, so muß doch noch jene erwähnt werden, welche den meisten Beifall findet und auch wohl ohne Zweifel verdient. Viele hegen nämlich Meinung, namentlich LA PLACE ², BIOT ³ u. a., daß die Wärme das der Anziehung entgegenwirkende Princip sey, welches als solches, verhindere, daß die Cohäsion nie unendlich werden könne. Diese Ansicht findet schon darin eine vorzügliche Unterstützung, daß die Ausdehnung fast aller Körper durch Wärme und ihre Zusammenziehung durch Wegnahme derselben mit einer der Stärke der Cohäsion selbst nahe gleich Kraft geschieht, so daß also hier der Conflict zweier, einander mit nahe unendlicher Kraft entgegenwirkender Potenzen angetroffen würde. Man könnte hierbei zugleich annehmen, die Materialität der Wärme (des Wärmestoffes) vorausgesetzt, daß dieselbe dem allgemeinen Gesetze der Anziehung folge, und in einigen Substanzen mehr, mit andern weniger verwandt ist und dadurch eine ungleiche Cohäsion bewirke ⁴, auch läßt sich denken, daß die ersten Antheile der Wärme zwar leicht z. B. durch Anziehung anderer Körper gegen sie durch die verschiedenen Mittel des Erkaltens und selbst durch mechanische Zusammendrückung der Körper entfernt werden könnten, daß letzteren aber ihrer Wegschaffung ein unübersteigliches Hinderniß wegen ihrer größeren Adhäsion entgensetzten ⁵. Wollte man ferner die Adhäsion der Wärme mit den Molecülen der

¹ Die mir noch nicht vollständig bekannten Ansichten SERRIUS bei G. LXXVI. 229 ff. werden an einem andern Orte berücksichtigt werden. Vorläufig verdient es eine Anzeige, daß auch dieser anziehende und abstoßende Kräfte annimmt, deren Intensität nach der Entfernungen der Elementartheilchen der Körper veränderlich seyn, und in deren Conflict ein *stabiles Gleichgewicht* derselben hervorgehen soll.

² Ann. de Chim. XXI. 22. Vergl. *Festigkeit*.

³ Traité. I. 5.

⁴ Emmett in Ann. of Phil. XVI. 351.

⁵ Vergl. J. T. Mayer bei Gren VII. 218.

per wegen unmittelbarer Berührung beider als unendlich angesehen, so könnte keine *absolute Dichtigkeit* und somit keine *unendliche Cohäsion* statt finden, ausser beim absoluten Punkte der Temperatur, indem in allen übrigen Fällen die wachsende Attraction mit der gleichfalls, und zwar in einem bestimmten Verhältnisse wachsenden Repulsion der Wärme, deren wachsende Kraft indeß erst bei sehr grosser Näherung der Molekülen anfangend zu denken wäre, ins Gleichgewicht kommen würde. Die ungleiche Stärke der Cohäsion verschiedener Körper müßte dann als Folge einer ungleichen Anziehung ihrer Molekülen, oder einer verschiedenen Affinität derselben Wärmestoffe angesehen werden, wenn man sie nicht mit LACAZE¹ für eine Folge der verschiedenen Form der Atome ansehen will, welche nach der Lage ihrer Axen nach der einen stärker als nach der andern anziehen sollen. Auf allen Seiten ist das ganze Problem in naher Uebereinstimmung mit den beobachteten Erscheinungen der chemischen Verwandtschaft und der mechanischen Adhäsion, welche durch die Zwischenkunft anderer Substanzen geschwächt oder scheinbar aufgehoben

Wenn gleich dieser Ansicht eine gewisse innere Consequenz abzusprechen ist, so bleibt sie doch bloß Hypothese, und kann nie für etwas anders gehalten werden, auch stehen ihr manche Schwierigkeiten entgegen, insbesondere wenn man den Wärmestoff hiernach beigelegten Charakter einer Repulsion genau bestimmt zu ergründen sucht². Einige Einwürfe dagegen lassen sich indeß durch gewisse anderweitige Voraussetzungen ziemlich leicht beseitigen. Dahin gehört, was AVOGRADO auffallend findet, daß die Atome einiger Körper, z. B. des Wassers im Eise, weiter voneinander abstehen, und doch grössere Cohäsion zeigen. Er leitet dieses indeß mit WOLLASTON und AMPÈRE daraus, daß die Moleküle (molecules totales) des Wassers zwar weiter abstehen, die individuellen Eismoleküle (molecules partielles) aber einander näher seyn sollen³. Für weit weniger gezwungen, als

¹ G. XXXIII. 134.

² S. *Abstoßung*.

³ Brugnatelli G. Dec. II. I. 375.

diese Erklärung ist, darf man diejenige eines andern Phänomens ansehen, nämlich wie es zugehe, daß nach der Zersung eines Körpers die wieder genäherten Theile nur einen geringen Zusammenhang zeigen. Man muß nämlich annehmen, daß eben durch das Zerreißen die einzelnen Theile in eine Wirkung der Anziehung minder günstige Lage kommen, und somit bei der Näherung der getrennten Theile nur wenige derselben wieder zu derjenigen, nahen Berührung gebracht werden können, welche zur Aeußerung der Cohäsion erforderlich ist, indem nach RUMFORD¹ die einzelnen Elemente nicht *gleichzeitig*, sondern *nacheinander* über die Grenze ihrer Cohäsion hinausgerückt werden, und dadurch aus ihrer, der Attraction günstigen Lage kommen. Es würden ferner so genannte glatte Platten im Verhältniß zu der Nähe, in welche ihre einzelnen Theile zur Erzeugung der Cohäsion kommen müßten, aus beträchtlichen Erhabenheiten und Vertiefungen bestehen gedacht werden, wie mikroskopische Beobachtungen dies bestätigen. Endlich ist auch noch der Einfluß der Luft zu berücksichtigen, deren Elemente sogleich mit den getrennten Oberflächen zerrissener Körper in unmittelbare Berührung kommen, und die Wiedervereinigung derselben unmöglich machen. Werden aber die Körper flüssig, so können ihre Elemente Folge ihrer leichten Beweglichkeit eine solche Lage annehmen, vermöge welcher sie die stärkste Anziehung gegen einander ausüben, und dann nach größerer, durch Entfernung der Wärme möglich gemachter, Annäherung Cohäsion zeigen.

Um das eigentliche Wesen und die Grundgesetze der Cohäsion aufzufinden, hat man in neueren Zeiten nur wenige Versuche angestellt, und dieses wahrscheinlich wohl deswegen, weil solche äußerst schwierig sind, und dennoch kein genügendes Endresultat weder versprechen noch gewähren. Auf demjenigen, was hierüber schon unter den verwandten Artikeln *Abstossung*, *Adhäsion* und *Anziehung* beigebracht ist, und noch unter *Materie* erwähnt werden wird, je nachdem es mehr oder minder unter die eine oder die andere von diesen Untersuchungen gehört, verdient noch folgendes als

¹ G. XIII. 389.

is erläuternd, beachtet zu werden. Dafs überhaupt zwischen den festen Körpern eine auf Cohäsion hindeutende Anziehung statt finde, welche sich bei den sogenannten *Cohäsions*-*ten* auch ohne bindendes Zwischemittel selbst im luftleeren Raume zeigt, ist schon unter dem Artikel *Adhäsion* ¹ öfters erwähnt. Nicht minder verdient bei diesen Untersuchungen Rücksicht zu werden, was ROBISON ² aus den Versuchs-*er*gebnissen folgert, welche zwei zur Erzeugung der Newton'schen Farbenringe auf einander gedrückte Glasscheiben darthun, dafs sie nämlich zwar zusammenhängen, zugleich aber selbst im luftleeren Raume einen bedeutenden Druck erheben, um in eine zur Erzeugung des schwarzen Flecks nöthige Berührung zu kommen, woraus er schliesst, dafs sehr geringen Entfernungen der Körper von einander ein Wechsel von *Anziehung und Abstofsung* anzunehmen. HUYGENS stellte auch den Versuch an, dafs er zwei sehr dünne Glasplatten nahm, die obere mit einer Handhabe versah, die untere einen Kreis von einem einfachen Seidencocon legte, und die obere darauf drückte. Hierbei waren beide erwiesen nicht in unmittelbarer Berührung, dennoch wirkte ihre Anziehung so stark, dafs die obere die untere hob. Legte er indess über den Kreis des Coconfadens noch eine Scheibe von der nämlichen Substanz, so hörte die Anziehung auf, dafs die untere nicht mehr aufgehoben werden konnte. ROBISON ³ will diese Versuche mit der grössten Sorgfalt wiederholt, und die hierbei wirksame Anziehung 14,5 mal stärker als die Schwere gefunden haben. Er bediente sich der besten von den besten Künstlern verfertigten Gläser zu Sextanten, und fand den kleinsten Durchmesser der hier benutzten, allezeit nicht runden, sondern platten Cocon = $\frac{1}{2400}$ stel eines engl. Zolles, so dafs also bei einer doppelten Entfernung, als diese Grösse beträgt, die Anziehung der Cohäsion unmerklich wird. Reibt man die Gläser aneinander, so werden kleine Partikelchen losgeschabt, hinreichen, die Adhäsion aufzuheben. Aeusert sich

Fl. I. p. 173.

Ebend. p. 122.

Syst. of Mech. Phil. I. 241.

indess die Anziehung ebener Flächen noch in der angegebenen Entfernung, so kann man sich vorstellen, wie stark Cohäsion bei noch grösserer Näherung werden muss, da Robison die Dicke einer dünnen Vergoldung nicht als ein Vierzehnmilliontheil eines Zolles beträgt. Dafs in zwischen jener Entfernung und dieser nochimals ein oder leicht mehrere *Wechsel der Abstofsung und Anziehung* mindestens bei den verschiedenen Substanzen liegen mülse sich daraus folgern, dafs Glasplatten mehr als 100 Druck auf eine Fläche von einem Zoll bedürfen, um so genähert zu werden; dafs sie einen schwarzen Fleck bekommen¹, wobei sie einander auf $\frac{1}{178000}$ ^{stel} eines engl. Zolles nahe kommen². Robison setzt diese Erscheinungen auch damit in Verbindung, dafs feste Körper, ohngeachtet der Anziehung Theile als Ursache der Cohäsion, durch grofse Lasten schwert, an Volumen vermindert werden, sich aber w ausdehnen, wenn die zusammendrückende Lust weggenommen wird, wodurch sich also eine ausdehnende Kraft wirkt zeigt³.

So schätzbar alle diese angeführten Bemühungen seyn gen, und so wenig man es den Naturforschern verargen wenn sie anf die wenigen bekannten Erfahrungen Hypoth zur Erklärung dieser höchst dunkeln Naturerscheinungen zur Auffindung ihrer Gesetze gründen, so zeigt doch ein bersicht des Ganzen, dafs genau genommen noch wenig a klärt ist, und dafs wir noch weit davon entfernt sind, die gentliche Ursache der Anziehung und ihrer verschiedenen dificationen als Gravitation, Schwere, Adhäsion, Coh und vielleicht auch der chemischen Verwandtschaft bereits gefunden zu haben.

1 Diese Gröfse, welche Newton aus seinen Versuchen zur Bildung der Farbenringe berechnete, wird durch die eben anges Betrachtungen schwankend, indem es danach überhaupt zwei ist, ob die Erzeugung des schwarzen Flecks eine unmittelbare o nahe Berührung erfordert, und diese wegen der nach Robison gerten Abstofsung überhaupt möglich ist. Vergl. *Anwendungen Farbenringe*.

2 Vergl. Ebend. I. 383. II.

II. Praktische Untersuchungen.

Wenn man von der eigentlichen Ursache der Cohäsion abstrahirt, und die Erscheinung als eine durch Erfahrung gegebene nimmt, so würde es, auch aus diesem Standpuncte die Sache betrachtet, interessant seyn, ein allgemeines Gesetz über die Stärke des Zusammenhanges der verschiedenen Körper zu finden, welches aber bis jetzt noch nicht gelungen ist. ¹ stellte als solches auf, daß die Cohäsion der Körper bei einer gegebenen Temperatur sich verhalte wie die Producte aus ihren Wärmecapacitäten in die Grade ihrer Schmelzpuncte, ² welches an dem nämlichen Thermometer gemessen, fand auch dasselbe für Gold, Silber und Kupfer sehr nahe zutreffend, für Eisen aber bedeutend abweichend. Wenn man aber berücksichtigt, wie schwer bestimmbar die Stärke der Cohäsion ist, noch weit mehr aber der Schmelzpunct der strengflüssigen Metalle, und daß endlich dieses Gesetz überhaupt nur auf Metalle angewandt werden könnte, so ist begreiflich, warum man dasselbe nicht weiter geprüft hat. Auch der Dichtigkeit der Körper kann die Stärke der Cohäsion nicht proportional gesetzt werden, wie man aus theoretischen Gründen zu folgern geneigt seyn könnte. Man muß diesernach annehmen, daß die Bestandtheile der Körper sich nicht bei allen in einer ihrer Dichtigkeit proportionalen Nähe zu einander befinden, sondern daß die festen Körper gleichsam aus einzelnen vereinigten Bündeln bestehen, und daß ihre Cohäsion nicht sowohl auf der Menge der beim mechanischen Zerrissenwerden in Conflict kommenden Molecülen, als vielmehr auf der Stärke des Zusammenhanges derselben in den einzelnen Bündeln beruhe, woraus man sich den Körper gebildet vorstellen kann ³.

Die Stärke der Cohäsion wird im Allgemeinen durch *Wärme* vermindert, und wenn die Temperatur einen bedeutenden Grad erreicht, wird sie beim Schmelzen und Verflüchtigen der Körper zuletzt ganz aufgehoben. Indefs werden manche, namentlich Metalle, durch Kälte spröder und dadurch

¹ G. IV. 1.

² Vergl. Rumford bei G. XIII. 391.

weniger cohärent, z. B. Zink und Eisen. Die Ursache in ihrem krystallinischen Gefüge zu liegen, vermöge die Bestandtheile bei gröfserer Zusammenziehung durch sich nicht gehörig neben einander lagern können, vielmehr eine Art Spannung gerathen. Daher pflögen die Fährleute kalten Nächten gegen die eisernen Achsen der Wagen mals zu schlagen, um die Zusammenziehung derselben mafsiger zu machen, und die Sprödigkeit zu vermindern. Man hat ferner behauptet, alle *Mischungen* zeigten Cohäsion als die einfachen in der Mischung verbundenen ¹. Bei einigen Metallen findet sich dieses allerdings, allein als allgemeine Regel kann der Satz nicht aufgestellt werden, indem in manchen Fällen die einfachen in andern aber ihre Verbindungen eine gröfsere Stärke der Cohäsion zeigen, wie aus AICHARD's ², MUSSCHENBROEK's Versuchen folgt. Bei *Hölzern* geben weder die äufseren der Baumstämme, noch auch die innersten diejenigen, welche die stärkste Cohäsion zeigen, sondern diese in der Mitte zwischen beiden; auch sollen in Europa die Theile die gröfste Stärke der Cohäsion zeigen, welche immer selbst nach S. O. gerichtet waren. Es ist dieses weiter glaublich, als dafs Steine dann die gröfste Tragkraft sollen, wenn sie in derjenigen Lage nach den Weltgerichtet sind, welche sie früher in ihrer Lagerstätte

1. Absolute Festigkeit der Körper

Man bezeichnet mit absoluter Festigkeit der Körper jene Stärke der Cohäsion, mit welcher sie einer Krafteinwirkung derstand leisten, die sie in der Richtung ihrer Axe zu streckt. Versuche zur Auffindung derselben erfordern Apparate, sind aber übrigens nicht schwierig. Man wählet nämlich Körper, welche in einer gewissen gleich

¹ Schweigg. J. XXXIII. 484.

² ROBISON System of Mech. Phil. I. 399.

³ Traité sur les Propriétés des alliages metalliques, à Ber

⁴ Introd. I. 419.

⁵ Young Lectures. I. 152.

mallich gleich dick sind, an beiden Enden aber etwas dicker, stützt sie selbst oben auf eine geeignete Weise an einen starken Träger und hängt an ihr unteres Ende eine Waagschale, die man so lange mit Gewichten beschwert, bis sie zerreißt, wobei dieses Gewicht als das Maß ihrer Stärke angewandt wird. Weil aber das Auslegen oer vielen Gewichtstücke unumständlich und auch eine sehr große Menge derselben erfordert, so hat man sich lieber der Schnellwaage von derjenigen Einrichtung, wie diese durch EYTELWEIN zur Prüfung der Festigkeit verschiedener Holzarten gebraucht wurde, und aus der die Zeichnung leicht erkannt werden kann. Die zum Zerreißen bestimmten, an ihren Enden etwas dickeren, Holzstücke Fig. 44. nämlich wurden durch zwei aufgeschobene Halter α , α gehalten, diese durch die Zangen der Ketten gepackt, und gaben die Zahlen des Waagebalkens die Pfunde an, wobei in der Mitte, als ihrem schwächsten Theile, zerrissen wurden.

Es giebt eine Menge Versuche, welche in den älteren und neueren, bis auf die neuesten Zeiten angestellt sind, um die absolute Festigkeit der verschiedenen Körper aufzufinden. Unter vorzüglichern gehören die von DE LANIS ¹, nach welchem Metalle in folgender Ordnung abnehmende Festigkeit zeigen: Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Zinn, Blei. Die meisten Versuche, welche auch bis auf die neuesten Zeiten im vorzüglichsten Ansehen standen, hat MOSSCHENBROEK ² angestellt; und sie stehen allerdings auf einen hohen Grad der Genauigkeit Anspruch machen, wenn gleich die Resultate weder unter sich noch mit andern vollkommen übereinstimmen, indem sich die Resultate anderweitigen, nachher zu erörternden Nebenumständen erklären läßt. Eine Reihe von Versuchen verdankt man Grafen v. SICKINGEN ³, welche er mit 2 F. langen und 0, 3 Linien dicken Drähten anstellte. Diese rissen durch folgende Kräfte:

¹ P. Franc. Tertii de Lanis Magisterium naturae et artis. Brixiae 1687. fol. II. L. XI. cap. 1. §. 22.

² Dissert. physical et geom. Viennae 1756. Ej. Inst. phys. p. 293. Bd. I. 390.

³ Versuche über die Platina Manh. 1782. p. 114.

Eisen, sehr sprödes durch 60 $\frac{1}{2}$ 24 Loth 0 Qt. 8 Gr.

— wenig sprödes — 39 — 12 — — 47 —

Messing — — — 40 — 30 — 3 — 14 —

Kupfer — — — 33 — 2 — 0 — 4 —

Platin — — — 28 — 15 — 0 — 5 —

Silber — — — 20 — 22 — 1 — 43 —

Gold — — — 16 — 12 — 0 — 43 —

Auf große Sorgfalt machen auch diejenigen Versuche spruch, welche GUYTON DE MORVEAU¹ angestellt hat. In dieser ersten Reihe wurden zum Zerreißen von Drähten, welche 0,887 par. Lin. dick waren, an Gewicht erfordert, bei

Eisen — — — 510,2 par. $\frac{1}{2}$. Gold — — — 139,8 par

Kupfer — — — 280,7 — — — Zink — — — 101,7 —

Platin — — — 254,7 — — — Zinn — — — 32,1 —

Silber — — — 173,8 — — — Blei — — — 11,5 —

Später erhielt ebenderselbe² zwar die nämlichen Reihen der Metalle rücksichtlich ihrer Cohäsion, indess doch eine Abweichung in den einzelnen gefundenen Größen. Star von 2^{mm} im Durchmesser rissen nämlich durch folgende wichte in Kilogrammen.

Eisen — — — 249,659 K. Gold — — — 68,216 K.

Kupfer — — — 137,399 — — — Zink — — — 49,790 —

Platin — — — 124,690 — — — Zinn — — — 15,740 —

Silber — — — 85,062 — — —

Blei, nach der Dimension beim Zerreißen — 12,555 K.

Blei, absolute Tragkraft — — — — — 5,623 —

ERTLWEIN³ hat nicht bloß die Resultate früherer Versuche großer Vollständigkeit zusammengestellt, sondern auch die eigene bereichert, deren einige später noch besonders erwä

1 Mém. del' Inst. IX. 267. G. XXXIV. 209. Ann. de Ch. XI Scherer Allg. J. d. Chem. I. 676.

2 Ann. de Chim. LXXI. 194. G. XXXIV. 209. Diese Vers stehen im Frankreich am meisten in Ansehn.

3 Handbuch der Statik fester Körper mit vorzüglicher Rück auf ihre Anwendung in der Architectur. 3 Bde. Berl. 1808. Eine vollständige Uebersicht der älteren Versuche giebt gleichfalls die Edinburgh Encyclopaedia. V. p. 494. ff.

en sollen. Viele Versuche haben ferner TELFORD¹ und TREDGOLD² angestellt; vorzüglich auch G. RENNIE mit einem beschriebenen, und allem Anschein nach sehr zweck- gen Apparate³. Einige der durch ihn erhaltenen Resultate sind folgende. Es rissen Stäbe von 0,25 engl. Quad. Zoll Querschnitt bei 6 Z. Länge durch Pfunde in avoir du poids:

Gegossenes Eisen	1193 &
Gussstahl	8391 —
Gehämmerter Stahl (Blister)	8322 —
desgl. (Sheer)	7977 —
Schwedisches Eisen, gehäm.	4504 —
Englisches Eisen, gehäm.	3492 —
Speisemetall	2273 —
Geschlagenes Kupfer	2212 —
Gegossenes Kupfer	1192 —
Feines Messing	1123 —
Gegossenes Zinn	296 —
Gegossenes Blei	114 —

ge eigene Versuche, Benutzung fremder, berechnete Tabellen und eine sehr vollständige Uebersicht der Cohäsionserscheinungen, mit hauptsächlichlicher Rücksicht auf die Stärke des Gusses unter den verschiedensten Bedingungen, hat ganz neuerdings TREDGOLD in einem lehrreichen Werke zusammengestellt, welches in England sehr allgemein bei praktischen Anwendungen benutzt wird⁴.

Es ist sehr schwierig, aus Versuchen, wenn sie auch noch sorgfältig angestellt wurden, für die Anwendung brauchba-

¹ Barlow Essay on the Strength and Stress of Timber. Lond. 1827. Darans in Jahrb. des polyt. Inst. in Wien. V. 215.

² Elementary Principles of Carpentry. Lond. 1810. neueste Ausgabe 1820. 8.

³ Phil. Tr. 1818. p. 118. Vergl. Ann. de Ch. et P. IX. 33, wo Versuche, jedoch ohne irgend einen Grund dieser Behauptung anzugeben, minder zweckmässig genannt werden.

⁴ Practical Essay on the Strength of cast Iron and other metals by Thomas Tredgold. Lond. 1824. 8. Dieses Werk ist gemeint, welches schlechtweg Tredgold angeführt wird.

re Resultate zu erhalten, weil die angewandten Stoffe in vieler Rücksicht sehr von einander abweichen. Namentlich Metallen machen ihre Reinheit überhaupt und ihr Freiseyn von kleinen Partikelchen Oxyds insbesondere, der höhere oder ringere Hitzegrad, wobei sie geschmolzen sind, die Schnelligkeit und Art des Erkaltens, das Hämmern, Drahtziehen, ausgegangenes öfteres Glühen und sonstige Bedingungen einen grossen Unterschied, und alle Resultate aus solchen Versuchen können daher nur als genäherte Werthe betrachtet werden. RUMFORD hat dieses lange im Allgemeinen gewußt ¹, oft aber auch Einzelnen erfahren, z. B. bei den Versuchen mit verschiedenen Arten Eisen ², indem unter andern EYTELWEIN ³ fand, zwei gleiche eiserne Stangen durch 21160 und 17560 kg , zwei andere abermals anscheinend vollkommen gleiche durch 2600 und 1780 kg rissen. Man muß ferner zwar im Allgemeinen annehmen, daß der Zusammenhang gleichartiger Körper von ungleicher Dicke im geraden Verhältnisse der Querschnitte wächst ⁴, und würde ohne diese Voraussetzung nicht im Stande seyn, von einem Versuche mit einem Körper von gegebenem Durchmesser auf einen gleichartigen andern von verschiedenem Durchmesser zu schließen. Allein schon RUMFORD ⁵ hat eingesehen, daß ein solcher Schluß durch sich nicht genügend begründet sey, indem er sogar auch der verschiedenen Form der Körper einen Einfluß beilegt. Nach LAPLACE ⁶ riß ein Eisendraht von 1 Quad. Lin. Querschnitt durch 490 kg , ein anderer aus dem nämlichen Metall verfertigt, 350 Quad. Lin. aber durch 17300 kg , anstatt daß er erst durch 171500 kg hätte reißen müssen. Noch genauer wurde die Wahrheit begründet durch diejenigen Versuche, welche bei der Construction der Drahtbrücken veranlaßte. Die Kön. Akademie in Paris ernannte nämlich zur Untersuchung der Sache eine

¹ Robison Syst. I. 397.

² Ann. of Phil. VII. 321.

³ Handb. d. Stat. II. 248.

⁴ Vergl. Robison Syst. I. 395. Tredgold p. 117. u. v. a.

⁵ G. XIII. 390.

⁶ Theor. Phys. I. 50. Vergl. Guyton de Morveau in Mém. de l'Inst. IX. 268.

Commission aus PRONY, FRESNEL, MOLARD und GIRARD bestanden, welche durch Versuche fanden, daß
 Drahten von 0,0045 bis 0,0315 Met. Dicke auf 1 Millim. 40 Kilogr.

—	—	0,0315	—	0,2700	—	—	—	—	21	—
Wicht	—	0,00025	—	0,0060	—	—	—	—	60	—
Eisendraht	von	24	bis	25	mal	dünnere	—	—	80	—

Man, wobei noch außerdem in Betrachtung kommt, daß gewöhnlicher Draht eine bedeutend größere Cohäsion zeigt, als gewöhnlich bearbeitetes Metall, und an Stärke verhältnißmäßig verliert, wenn die äußere Oberfläche weggeschabt oder abgerieben ist, indem die Appretirung (*corroyage*) und das Ziehen selbst gleichsam eine Art Epidermis bildet, welche stärker als das Innere, und bei dünnen Drähten mehr beträgt, als bei dicken ¹; oder wie ROBISON ² meint, weil die Bestandtheile in andere Lage gegen einander bekommen, indem die Körper überhaupt dichter werden, mit Ausnahme des Bleies, welches durch den Proceß des Drahtziehens lockerer werden, zugleichs aber seine Cohäsion um das Dreifache wachsen soll. (?) Bei Gold, Silber und Messing wird nach eben diesem Schriftsteller die Cohäsion durch das Drahtziehen verdreifacht, bei Kupfer und Eisen mehr verdoppelt. Der nämliche Gegenstand, nämlich die Construction der Drahtbrücken hat außerdem noch zwei Reihen von Versuchen veranlaßt, um die Stärke der verschiedenen Sorten auszumitteln. SEGUIN zu Annonay nämlich fand als Resultat aus einer großen Reihe von Versuchen mit verschiedenen Sorten Eisendraht, daß im Allgemeinen die feineren Sorten verhältnißmäßig die größte Stärke besitzen. Die von ihm versuchten Drähte von N^{ro}. 1 bis 23, welche von 0,6188 bis 5,942 Millim. im Durchmesser hielten, zeigten für einen Durchmesser von 1^{mm} eine Cohäsion von 86,98 bis 49,52 Kilogramm ³. Noch bedeutender sind diejenigen Versuche, welche DEFOUR gleichfalls mit verschiedenen Sorten Eisendraht anstellte. Hierbei fand er, daß diejenige Sorte, deren Durchmesser 0,85 Millim. betrug, im Mittel durch ein Gewicht von

¹ Moniteur. 1824. N^{ro}. 35.

² Syst. of Mech. Phil. I. 397.

³ Ann. de C. et P. XXV. 110.

46 bis 48 Kilogramm zerrissen wurde. Um zugleich den Einfluss der Temperatur zu prüfen, liefs er den zu untersuchenden Draht durch eine kaltmachende Mischung von $-22^{\circ},5$ C. und durch Wasser von $92,5$ C. Wärme gehen, und fand, dafs bei diesen Temperaturen keinen Einfluss auf die Stärke der Cohäsion hatten, ausgeglüheter Draht aber verlor die Hälfte seiner Festigkeit¹. Die letztere Behauptung steht im Einklange mit demjenigen, was so eben aus ROBISON angeführt ist, die erstere aber steht im Widerspruche mit der allgemein angenommenen grösseren Sprödigkeit des Eisens bei niedrigerer Temperatur, insofern ohne Verminderung der Cohäsion ein spröderer, und dadurch weniger biegsamer Körper leichter abspringen kann, als ein mehr mit der auf die vielfachsten Versuche gestützten Behauptung TREDGOLD's², dafs alle Metalle durch Wärme an Cohäsion abnehmen. Namentlich ergab ein mit Eisen angestellter Versuch, dafs eine Temperaturerhöhung von $84^{\circ},45$ C. eine Verminderung der gesammten Cohäsion von 0,05 bewirkte. Im Einzelnen erhielt DÜFOUR aus seinen Versuchen folgende Resultate. Feinster Eisendraht N^o. 4, von 0,85 Millim. Durchmesser trug 48 Kilogr., ausgeglüheter 21 K. Draht N^o. 13 von 1,7 Millim. Durchmesser trug im Mittel 186 K. ausgeglüheter 100 K. und war also verhältnissmäfsig $\frac{1}{7}$ schwächer. Draht von N^o. 18 fast 3 Millim. im Durchmesser trug 382 K., ausgeglüheter halbsoviel, von N^o. 19 aber, 3,7 Millim. im Durchmesser, gegen 776 K., ausgeglüheter 403. Man darf also annehmen, dafs Draht von 1 bis 4 Millim. im Durchmesser auf ein Quadratmeter der Durchschnittsfläche mindestens 60 K. zu tragen vermag, statt dafs geschmiedete Eisenstäbe nur 40 K. tragen. Man singdraht will derselbe noch etwas stärker gefunden haben, welches gleichfalls allen anderen Versuchen widerstreitet.

Viele Körper, namentlich die Metalle, dehnen sich in Versuchen über ihre absolute Festigkeit um eine aliquote Grösse aus, und ziehen sich bei nachlassender Einwirkung der ausdehnenden Kraft wieder zu ihrer früher Länge zusammen.

1 Bibl. univ. XX. 220.

2 On cast Iron. p. 104. u. a. v. O.

3 Bibl. univ. XXIII. 305.

Ueber die Cohärenz gedrehter hanfener Seile hat Mrs-
 BROEK ² Versuche angestellt, welche aber nicht genau ge-
 beschrien sind, um sie bei der Anwendung zum Grunde
 legen. Viel Schätzbares enthalten ferner die Abhandlungen
 ERICHSON und POLHEM ³, desgleichen von RAPFOLT ⁴; für
 praktische Anwendung am brauchbarsten aber sind die Be-
 merkungen, welche EYTELWEIN ⁵ aus eigenen Versuchen fol-
 gerte, wonach ein gewöhnliches käufliches hanfenes Seil von
 1 1/2 Quadratzoll Querschnitt im Mittel durch 10845 ℔
 zugeht. Weil aber die Stärke derselben nicht in gleichem Ver-
 hältnisse des Querschnittes wächst, und die Versuche mit dün-
 nen Seilen angestellt wurden, so sind in der nachfolgenden
 Tabelle nur 9000 ℔ angegeben. Indefs ist auch diese Zahl noch
 um das Doppelte zu groß, und nur auf sehr dünne Seile,
 überhaupt aber auf dickere und vorzüglich auf Thau anwend-
 bar, wie insbesondere aus den sehr genauen englischen Versu-
 chen ⁶ hervorgeht, wonach die Tragkraft der Seile für einen
 1 1/2 Quadratzoll Querschnitt in av. d. p. Gewicht nur 5414 ℔
 beträgt. Ueberhaupt ist es bei Hanfseilen und allen sonstigen
 Arten von Seilen sehr schwer, ihre absolute Festigkeit genau
 anzugeben, weil es bei ihnen noch mehr, als bei Metallen und
 Eisen auf bedingende Nebenumstände ankommt, namentlich
 die Stärke ihrer Zusammendrehung, weil hiernach die ein-
 zelnen Fibern mehr oder weniger von der geraden Linie abwei-
 chen, und gegen die Richtung der ausdehnenden Kraft schräg
 liegen kommen ⁷. Die größte Stärke derselben könnte da-
 her nur dann erhalten werden, wenn man die einzelnen Hanf-

7 Robison I. 394.

stränge in gerader Richtung in Conflict bringen wollte, aber für grössere Längen unmöglich und für die Anwen ohne Nutzen ist. RÉAUMUR¹ fand diesomnach bei seinen suchen, daß gedrehte Stricke durch weit geringere Gew zerrissen wurden, als die Summe derjenigen, welche die zehen in ihnen vereinigten Schnüre zu tragen vermochten. genähte Stricke reißen nach MUSSCHENBROEK² leichter trocken, und verlieren allgemein durch stärkeres Zusammen drehen, weswegen sie nur so wenig zusammengedreht müssen, als zu ihrer Haltbarkeit durchaus erforderlich ist.

Noch verdienen einige sehr gehaltreiche Untersuchungen des Grafen RUMFORD³ über einige auffallende Erscheinungen der Cohärenz verschiedener Körper hier erwähnt zu werden. Vegetabilische und thierische Stoffe, welche zuerst flüssig sind und dann erhärten, zeigen eine unglaubliche Stärke der Cohäsion, z. B. Flachs und Hanffäden, Seide, Haare, erhärteter Mehlkleister, Schreinerleim u. dgl. Die Festigkeit einer Lin. dicken kupfernen Röhre wird durch einen um dieselbe Breite geleimten Streifen Papier von doppelter Dicke mehr als doppelt verstärkt. Ein Cylinder von zusammengeleimtem Papier höchstens einen Quadratzoll Querschnitt haltend, trug 30000 Pfd. und ein gleicher Cylinder von ihrer Länge nach zusammengeleimten Hanffäden 92000 Pfd., indem ein gleich dicker Cylinder von dem besten Eisen nur 66000 Pfd., und von geringerer Güte nur 55000 Pfd. trug. Ein seidener Faden ist dreimal so stark als ein gleich dicker von Flachs, und ein Menschenhaar ist im Verhältniß der Dicke stärker, als ein Pferdhaar.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, daß alle durch Versuche gefundene Bestimmungen der absoluten Festigkeit für genäherte Werthe zu halten sind. Bei der vielfachen Anwendung indess, welche man von denselben zu machen vermag, ist es nicht überflüssig, auch diese in einer Tabelle leichtern Uebersicht neben einander zu stellen, wozu ich d

¹ Mém. de l'Ac. 1711. p. 7 — 19.

² Int. I. 408.

³ Aus Journal of the Royal Inst. I. 34. bei G. XIII. 383.

igen Resultate-unverändert aufnehmen, welche EYTELWEIN ¹ zu dem Ende aus älteren Beobachtungen berechnet hat, mit Hinzufügung der neuesten genaueren Bestimmungen, welche letzteren mit einer Angabe der Autoritäten versehen sind ². Indem der EYTELWEIN in seinem ohnehin vielgebrauchten Werke jene rheinl. Maß und Berliner Pfunde reducirt hat, so ist bei der für die ganze Tabelle beibehalten, um so mehr, als der rheinl. Fuß von den Fußmaßen der meisten deutschen Staaten wenig abweicht, das Berliner Pfund aber dem kölnischen Markpfund gleich, und somit in Deutschland sehr bekannt, von den meistens üblichen Gewichte gleichfalls nicht sehr abweicht. Will man die Angaben der Tabelle auf altfranzösische Fuß- und Gewichts-Maß reduciren, so darf man die angegebenen Größen nur mit 1,0215 multipliciren, um die Tragkraft einer Stange von 1 Par. Quadratzoll Querschnitt in Pariser Pfunden, oder mit 1,0712, um sie in berliner Pfunden zu erhalten; deagleichen giebt die Multiplication mit 0,97186 die Tragkraft einer Stange von einem englischen Quadratzoll in Pariser Pfunden, und mit 0,94317 die Tragkraft derselben in berliner Pfunden; endlich erhält man die Tragkraft einer Stange von einem Quadrat Centimeter der Durchschnittsfläche in Grammen, wenn man die angegebene Zahl mit 0,06379 und in berliner Pfunden, wenn man sie mit 0,1365 multiplicirt.

Stahl, wie zu Scheermessern	. . .	158200
— — gemeinen Messern	. . .	142380
— mittelmäßig biegsamer	. . .	130780
— bester biegsamer	. . .	125510
— bester gehärtet	. . .	118120
— gemeiner biegsamer	. . .	113900
— guter engl. (Rennic)	. . .	133764
Eisen, schlesisches geschmied.	. . .	78140
— schwedisches geschmied.	. . .	76570

¹ a. a. O. II. 262.

² Viele Resultate aus englischen Versuchen über die Stärke des Holzes nach Barlow Essay on the Strength and Stress of Timber. Lond. findet man im Einzelnen genau angegeben in Jahrb. des polyt. Inst. Wien V. 228. Sie sind durch Tredgold benutzt und finden sich den übrigen Ergebnissen nach in der Tabelle mit aufgenommen.

Eisen, gemeines geschmied.

— dicke Stangen } (franz. Commiss.)
 — dünne Stangen }

Eisenstangen, französ. (Düfour.)

Eisen, engl. gutes, im Mittel aus vielen Versu-
 chen (Tredgold)

— deutsches gegossenes

— englisches gegossenes (Rennie)

Eisendraht

— mittlere Dicke (franz. Commiss.)

— — — (Düfour)

— französ. stärkerer (Seguin)

Klavierdraht, franz. (Seguin)

— — — (franz. Commiss.)

Golddraht, Pistolengold

Gold, gegossen

Silberdraht

Feines gegossenes Silber

Messingdraht

Messing (Rennie)

Kupfer, gelbes barbarisches, geschmiedet

— — schwedisches —

— — — gegossen

— — ungarisches —

— — spanisches —

— — japanisches —

— — barbarisches —

Kupferdraht, rother schwedischer

Kupfer, geschmiedetes (Rennie)

Zinndraht

Zinn, englisches gegossenes

— aus Banca

— aus Malacca

Bleindraht

Blei, englisches gegossen

Wismuth, gegossen

Zink, gegossen

Spießglanz, gegossen

Glas, weißes

Absolute Festigkeit.**147**

enholz, Sommereichen, vom Kern	26600
— zwischen Kern und Splint	21940
— vom Splint	14760
neichen	22120
enholz	24740
nbuchen	22860
— (Barlow)	11467
erdanholz	22784
enholz	21488
— (Barlow)	17492
enholz, das stärkste	21400
↳ das schwächste, harzig	12520
enholz, indisches, Teak, (Barlow)	15090
gliche Eiche (Barlow)	10290
nbuche	20400
erkistenholz	18832
bernholz	18360
nellenholz	17028
erbaumholz	16347
nbaumholz	15790
— (Barlow)	20467
nholz	15709
istanne	15400
— (Barlow)	12347
nholz	14857
scholz	14432
nunholz	14261
nbaum, wildes	18978
nholz	18870
olz	13504
nholz	12614
lbaumholz	12028
aumholz	11158
— (Barlow)	10106
nbaumholz	11099
anne	10920
iderholz	10547
lbaumholz, rothes	10128
baumholz	10018

Mahagoni (Barlow)

Hanfseile

— engl.

Mauerziegel

— brick, (Tredgold)

Marmor, weißer (ders.)

Schiefer, italiänischer (ders.)

— von Westmoreland (ders.)

— schottischer (ders.)

Stein, Portland-stone (ders.)

Bath-stone (ders.)

Craighleith-stone (ders.)

Dundee-stone (ders.)

Wenn man von diesen Bestimmungen der absoluten Festigkeit der Körper eine praktische Anwendung machen will, ist es rathsam, wegen der Ungewissheit solcher Angaben Metallen nur die Hälfte, bei Hölzern und Seilen nur den Theil der angegebenen Werthe in Rechnung zu nehmen. Hierbei kommt es selten vor, daß Körper, welche vermöge ihrer absoluten Festigkeit Lasten tragen sollen, sehr lang sind, in welchem Falle ihr eigenes Gewicht zugleich neben dem zu tragenden berechnet werden müßte. Sollte dieses aber der Fall seyn, so läßt sich aus demjenigen, was hierüber in dem nächstfolgenden Abschnitte N^{ro}. 12 gesagt ist, leicht die Mängel einer solchen Berechnung entlehnen.

2. Relative Festigkeit.

Relative oder respective Festigkeit der Körper nenne ich diejenige Stärke derselben, mit welcher sie einer auf ihrer Längsaxe normal wirkenden Kraft entgegenstreben. Nimm hierbei auf gleiche Weise Körper von gegebenen Dimen-

1 TREDGOLD p. 280. giebt an, daß man das Quadrat des Umfanges eines Hanfseiles in Zollen mit 200 und eines Cabelthaues multipliciren muß, um die Tragkraft desselben in Pfunden zu erhalten. Die hierdurch erhaltenen Werthe im engl. Mafse und Gewichte lassen sich nach dem oben angezeigten Verhältniß durch Multipliciren mit 1,029 leicht in Berliner verwandeln.

2 Eytelwein a. a. O. II. 264.

und beschwert sie mit einer Last in Pfunden ausgedrückt so lange, bis sie zerbrechen, so giebt das hierzu angewandte Gewicht das Maximum ihrer respectiven Festigkeit. Da dieser Gegenstand auf gleiche Weise, und noch wohl mehr, von praktischem Nutzen ist als die Kenntniß der absoluten Festigkeit, so hat man seit längerer Zeit sich bemühet, ihn durch theoretische Untersuchungen und praktische Erfahrungen genau zu ergründen. Unter den theoretischen Untersuchungen sind die vorzüglichsten von GALILAEI ¹, LEIBNITZ ², MARIOTTE ³, VALENTIN ⁴, JAC. BERNOULLI ⁵, L. EULER ⁶, KRAFT ⁷, BÜLFINGER ⁸, HUNTER ⁹, GREGORY ¹⁰, BREWSTER ¹¹, BORGNIS ¹² u. a. zugleich mit Versuchen verbunden sind die von PARENT ¹³, RÉAUMÜR ¹⁴, HUTTON ¹⁵, DU HAMEL ¹⁶, COULOMB ¹⁷, CAMUS DE MÉZIÈRES ¹⁸, EITHELWEIN ¹⁹, G. G. SCHMIDT ²⁰, JOHN BANKS ²¹, RONDELET ²²,

1 Discorsi e dimostrazione matematiche. Leid. 1638.

2 Act. Erud. Lips. 1684. p. 319.

3 Traité des Mouv. des Eaux. Par. 1686. P. V. disc. II.

4 Mém. de l'Ac. 1702. p. 90.

5 Ebend. 1705. p. 230.

6 Acta Acad. Pet. 1778. I. 121.

7 Dissert. de corp. natur. cohaerentia. Tub. 1752. 4.

8 Com. Pet. IV. 164.

9 Lectures. II. p. 46.

10 Treatise on Mechanics, theoretical, practical and descriptive. 2 vol. 8. Lond. 1815. I. art. 180.

11 Ferguson Lectures. Edinb. 1823. II. 232.

12 Théorie de la Mécanique usuelle. Par. 1821. 4. p. 336.

13 Mém. de Par. 1707, 1708, 1710.

14 Ebend. 1711. p. 6.

15 Ebend. 1740. u. 41. Auch in Hamb. Mag. V. 179. u. 506.

16 Mém. de l'Ac. 1768. p. 534.

17 Mém. de Mathem. et de Phys. présentes à l'Acad. de Par. 1773.

18 843.

18 Traité de la force des Bois. Par. 1782. 8.

19 Lehrbuch d. Statik u. s. w. Th. II.

20 Gren N. J. IV. 184.

21 On the Power of Machines. Kendal 1803. p. 96.

22 Traité théorique et pratique de l'Art de Bâtir. Par. 1814. VI
vol. 4. IV. 514.

RENNIE ¹, REYNOLDS ², DÜLEAU ³, GAUTHIER ⁴, BARLOW GOLD ⁵, WHITE ⁷ u. a. ausführliche Zusammenstellungen der wichtigsten Versuche, Prüfung derselben und Fortsetzung der praktischen Anwendung, endlich findet man theils in den genannten Werken, theils bei GIRARD ⁸, LANGSDORF ⁹, theils bei MAGOLD ¹⁰, kurz bei BRANDES ¹¹, ausführlich bei WEIN ¹², EMERSON ¹³, LESLIE ¹⁴, insbesondere aber sehr reichlich und mit verschiedenen Tabellen zum praktischen Gebrauch in TREDGOLD's mehr erwähntem Werke.

Sowohl theoretische Untersuchungen, als auch Versuche führten auf gleiche Weise zu dem Resultate, daß bei einem überall gleich dicken Parallelepipedum, wenn dasselbe an den Enden unterstützt und in der Mitte mit der ganzen Last beschwert ist, die Tragkraft im geraden Verhältnisse zu dem Quadrate der Höhe, und im umgekehrten Verhältnisse zu der Breite steht. Heißt deswegen die Tragkraft irgend eines Körpers K , das Gewicht W , die Breite der Fläche seines Querschnittes b , die Höhe h , der Abstand der beiden Unterstützungspunkte l , so ist:

1 Phil. Trans. 1818. 1. Phil. Mag. LIII. 173.

2 Nicholsons J. 1813. XXXV. 4.

3 Essay théorique et expérimental sur la résistance du Fer. Par. 1820. 4.

4 Traité de la Construction des Ponts. Par. 1809. u. s. w. 4. II. 153.

5 Essay on the Strength of Timber. Lond. 1817. 8. p. 1.

6 a. a. O. Phil. Mag. and J. 1820. Oct.

7 Philos. Mag. and J. 1821. Mai.

8 Traité analytique de la resistance des solides, et de sa gale resistance cet. à Par. An. VI. Deutsch: P. S. Girards Abhandlung von dem Widerstande fester Körper u. s. w. von Gies. 1808. 4.

9 Handbuch der Maschinenlehre für Practiker und Acad. Altenb. 1797. II vol. 4. I. 73.

10 Mathematisches Lehrbuch zum Gebrauche öffentlicher Schulen, u. s. w. Landsh. 1808 — 13. V. 36.

11 Lehrb. d. Gesetze des Gleichgewichts u. der Bewegung I. 151.

12 a. a. O.

13 Mechanics, or the doct. of Motion. 1769. I vol. 8.

14 Elements of Natural Philosophy. Edinb. 1823. I. 2.

$$W = \frac{k h^2 b}{l}.$$

aber das Parallelepipedum an einem Ende horizontal befestigt, am andern mit der ganzen Last beschwert; so ist:

$$W' = \frac{k h^2 b}{4l},$$

bei bloß der constante Coefficient k für die verschiedenen Körper durch Versuche ausgemittelt werden muß.

Man hat eine unglaubliche Menge von Versuchen zur Bestimmung von k angestellt, welche man sehr vollständig durch **BAZOGOLD** geprüft findet. Eine der besten Methoden ist diejenige, deren sich **BEAUFOY**¹ bediente, um die Tragkraft verschiedener Holzarten zu messen, welche daher unter mehreren andern hier erwähnt werden möge. Es wurde das eine Ende **Fig. 45.** des zu prüfenden prismatischen Körpers aa in einen starken Balken AA fest eingekeilt, trug am andern ein eigens vorgezeichnetes, auf dasselbe geschobenes Bogenstück bb , damit die Richtung des herabziehenden Seiles cde stets auf die Längsaxe desselben normal wäre; an dieses Seil wurde eine Waagschale P befestigt, und durch ein Gegengewicht p , über wenig Reibung verursachende Rollen gezogen, balancirt, und wenn dann die Waagschale mit Gewichten beschwert war, so gab ein Zeiger r , an einer herabgehenden Stange s befestigt, die Biegung in Graden an, und die Summe der, bis zum Zerschneiden aufgelegten Gewichte in Pfunden die absolute Tragkraft oder das Maximum der relativen Festigkeit des untersuchten Körpers. Hiermit läßt sich dann auch leicht diejenige Last finden, wodurch ein Körper beschwert werden kann, ohne daß seine Form bleibend verändert wird, oder nach deren Wegnahme er seine vorige Gestalt wieder annimmt, und welche man als das Maximum ansehen kann, womit er in der Anwendung beschwert werden darf. **BEAUFOY** fand vermittelst dieses Apparates, daß verschiedene Stücke der nämlichen Holzart sehr ungleiche, zuweilen bis auf das Doppelte steigende Tragkraft zeigten, dagegen waren die Krümmungen derselben so lange sehr regelmäfsig, als sie nicht über die Hälfte des Maximums ihrer

¹ Ann. of Phil. VIII.

relativen Festigkeit beschwert wurden. Die Versuche sind mit den zum Schiffsbaue brauchbaren Holzarten angestellt, haben indess einige allgemeine Resultate gegeben. Als die stärkste Holzart zeigte sich die Pechtanne (pitch-pine) und zunächst dieser die englische Eiche mit geraden Fibern. Gleiche lange Parallelepipeda von ungleichen Dimensionen zeigten nach etwas mehr als dem Kubus der Seiten des Querschnitts zunehmende Tragkraft, wurden sie aber in mehrere ähnliche Parallelepipeda zerschnitten, so nahm ihre Tragkraft ab, die Quadratwurzeln der Zahl der Stücke, worin sie zerschnitten waren. Es zeigt sich hierbei also der umgekehrte Erfolg derjenige, welchen die Versuche über die absolute Festigkeit namentlich der Metalle geben, indem diese letztere kleiner als das Verhältniß des Querschnittes, jene dagegen größer.

Eine Reihe sehr schätzbarer Versuche über die respective Festigkeit der verschiedenen Holzarten hat BARLOW¹ angestellt, indem er die prismatischen, genau gearbeiteten Körper entweder horizontal an beiden Enden frei auflegte, oder sie an den Enden befestigte, oder an einem Ende horizontal festkeilte, oder endlich unter einem Winkel gegen den Horizont geneigt, gleichfalls an einem Ende festkeilte. Auch hierbei wurde die Biegung auf eine sinnreiche Weise gemessen, doch ist BARLOW's Methode vorzuziehen.

TREDGOLD² hat vorzüglich mit den verschiedenen Sorten Gufseisen, aber auch mit Schmiedeeisen, sonstigen Metallen, Hölzern u. s. w. eigene Versuche angestellt, andere, welche in England so häufig gemacht sind, verglichen, und sie verdienen um so mehr beachtet zu werden, als sie mit größter Sorgfalt und steter Rücksicht auf eine praktische Anwendung angestellt und berechnet wurden. Namentlich berücksichtigt TREDGOLD weniger dasjenige Gewicht, durch welches die Körper zerbrochen wurden, als vielmehr dasjenige, welches sie zu tragen vermochten, ohne ihre Form bleibend zu ändern. Behalten wir seine Art der Bezeichnung bei, nennen dasjenige Gewicht

1 a. a. O. dem wesentlichen Inhalte nach mitgetheilt in Jahrbuch pol. Inst. V. 240.

2 Practical Essay on the strength of cast Iron and other metals. Lond. 1824.

n ausgedrückt, welches ein Würfel von einem Zoll Seitenvermögen vermag, ohne seine Form bleibend zu ändern = f , hält die folgende Tabelle die von ihm gefundenen, auf ind. Zolle und Berliner Pfunde reducirten Werthe von f für verschiedenen Substanzen, und zugleich einen Werth m , dessen Gebrauch weiter unten nachgewiesen werden

Substanzen	f	m
Stahl	18315	0,28296
Eisen	15743	0,27439
Stahl	10289	0,80354
Stahl	6894	0,31120
Stahl	5865	0,26152
Stahl	2963	0,27138
Stahl	1511	0,42359
Stahl	5762	0,04827
Stahl, engl. geradfibrige	4074	0,03087
Stahl, von Honduras	3910	0,02084
Stahl, gelbe amerikanische	4013	0,01695
Stahl, rothe	4414	0,02079
Stahl, weiße	3735	0,01750
Stahlbaum	2125	0,02084
Stahl	3643	0,02830
Stahl	2428	0,02710
Stahl	3334	0,02024

Sollen von diesen Werthen praktische Anwendungen gemacht werden, so dienen hierzu folgende Formeln.

1. Es sey in den angegebenen Maßen W das zu tragende, in der Mitte aufliegende Gewicht in Pfunden; von dem tragenden Körper sey b die Breite und h die Höhe, dann ist für ein stielartiges, an beiden Enden aufliegendes Parallelepipedon, Abstand der Unterstützungspunkte = l genannt

$$W = \frac{2f b h^2}{3l}$$

Da f durch die Zahlen der Tabelle gegeben ist, die un-
bekannten Größen aus den bekannten gefunden werden können.

Ist daher z. B. der Abstand der Stützpunkte, und das zu tragende Gewicht gegeben, so ist:

$$\frac{3 l W}{2 f} = b h^2.$$

Indem hiernach durch das quadratische Verhältniß der Höhe Material viel gespart wird, so ist dabei zugleich zu berücksichtigen, daß die Höhe nur bis so weit vermehrt werden darf, als das Material erlaubt, ohne durch die Last eingedrückt oder seitwärts gebogen zu werden. Will man aber aus einem Cylinder vom Halbmesser $= r$ das stärkste Parallelepipedon schneiden, so nehme man von seinem Mittelpuncte an die halbe desselben $= 0,8165 r$, und seine halbe Breite $= 0,57735 r$.

2. Liegt die Last nicht in der Mitte zwischen beiden Stützpunkten, sondern heißen die beiden Abstände, gleich in Zollen, λ und λ' , so ist:

$$W = \frac{f b h^2}{6} \times \frac{l}{\lambda \cdot \lambda'}$$

3. Ist die Last gleichmäfsig über den ganzen Balken verbreitet, so trägt derselbe doppelt so viel, als wenn sie in der Mitte aufliegt, und es ist also

$$W = \frac{4 f b h^2}{3 l}.$$

4. Wenn ein Parallelepipedon an einem Ende befestigt ist, die Last aber am andern angebracht ist, so trägt es nur den vierten Theil des für N^{ro}. 1. angegebenen Gewichtes, wie schon in der anfänglich mitgetheilten Formel ausgedrückt. Hiernach wird also seyn

$$W = \frac{f b h^2}{6 l}.$$

Diese Formel paßt auch auf diejenigen Fälle, in denen ein Balken in der Mitte unterstützt, und an beiden Enden mit Lasten beschwert ist, z. B. bei den Waagebalken oder den Balancen der Dampfmaschinen u. s. w. Es ist hierbei nicht nöthig, daß der Balken überall gleiche Dicke habe, vielmehr ist es besser, wenn er an dem befestigten Ende stärker ist. Als Regel für die Formel gilt, daß derselbe an demjenigen Ende, worauf die Last wirkt, eine der Breite gleiche Höhe habe, am befestigten Ende aber diejenige Höhe, welche aus der Formel für h gefunden wird, und dann in gerader Linie von hier bis ans Ende genommen wird.

5. Noch mehr und genauer findet diese Regel Anwendung, wenn die Last über den ganzen Balken vertheilt ist, in welchem Falle

$$W = \frac{f b h^2}{3 l}.$$

Ein unmittelbarer Gebrauch dieser Formel wird bei den Balken der Altanen gemacht, mit Rücksicht auf die so eben gegebene Bedingung, weswegen bei angebrachten Verzierungen darauf gesehen werden muß, daß ihre Vertiefungen nicht in die Linie DA einschneiden, welche von der erforderlichen Fig. 46. Höste Höhe an der Mauer nach der geringsten am Ende des Balkens gezogen ist. Auch die Stärke der Zähne an Rädern läßt sich hiernach bestimmen. Berücksichtigt man indess, daß die Last auch auf eine einzelne Stelle wirken kann, der Zahn aber leicht nicht überall gleiche Dicke hat, so ist es am besten,

$\frac{f b h^2}{5 l}$ anzunehmen, und mit Rücksicht auf das noth-

wendige Abreiben der Zähne wird mit Sicherheit

$$W = \frac{f b h^2}{10 l}$$

angenommen.

6. Die allgemeine Formel kann nur eine unbedeutende Veränderung erleiden, wenn die Körper keine Parallelepipeda sind. Von den vielen möglichen Formen der Flächen der Querschnitte möge hier nur der Cylinder berücksichtigt werden. Ist der Durchmesser desselben d , so ist, die Last in der Mitte hängend angenommen:

$$W = \frac{0,7854 f d^3}{2 l};$$

bei ungleichen Abstände derselben von den Stützpunkten, die Entfernungen $= \lambda$ und λ' angenommen

$$W = \frac{0,7854 f d^3}{8} \times \frac{1}{\lambda \cdot \lambda'};$$

bei gleichmäßiger Vertheilung derselben über die ganze Länge des Cylinders zwischen den Stützpunkten ist

$$W = \frac{0,7854 f d^3}{1}.$$

Ist dagegen der Cylinder an einem Ende befestigt, sondern mit der Last beschwert, so ist für den Halbmesser

$$W = \frac{0,7854 f r^3}{1},$$

und wenn die Last gleichmäfsig über denselben vertheilt ist:

$$W = \frac{1,5708 f r^3}{1}.$$

Hieraus folgt also, dafs die Tragkraft eines Balkens quadratischen Querschnitte zu der eines aus ihm verfertigten Cylinders sich verhält wie 1: 0,5895; zu demjenigen Cylinder aber, aus welchem er verfertigt ist, wie 1: 1,7 nahe genau.

7. Einen grofsen Vortheil erhält man in der Mechanik dadurch, dafs man statt massiver Cylinder hohle Röhren wendet, wodurch bei gleicher Masse des Materials eine gröfsere Stärke desselben erhalten wird, vorausgesetzt, dafs zwischen dem inneren und äufseren Durchmesser des hohlen Cylinders ein richtiges Verhältnifs statt findet, dafs die Wand nicht schwach ist, um dem Drucke den erforderlichen Widerstand zu leisten, und die Arbeit gehörig genau, so dafs namentlich bei gegossenen Röhren die Metalldicke überall gleich und ohne Fehlstellen ist ¹.

Man hat sich viele Mühe gegeben, zuvörderst das richtige Verhältnifs des innern Durchmessers zum äufseren für die stärkste Tragkraft hohler Cylinder aufzufinden. Nach GRAY ² soll die relative Festigkeit am grössten seyn, wenn der innere Halbmesser sich zum äufseren verhält wie 51: 112. In England ist dieses Verhältnifs weit kleiner als dasjenige, welches die Engländer praktisch in Anwendung zu bringen pflegen. GRAY ³ nimmt zu Wellen der Mühlräder hohle Cylinder, deren Halbmesser 3 und 4 sind, nach TREDGOLD ⁴ aber verhält sich die relative Festigkeit eines hohlen Cylinders zu der eines

¹ Die Natur erreicht bei verschiedenen Körpern z. B. den Pflanzen und selbst den Knochen der Menschen und Thiere eine gröfsere Festigkeit durch hohle Röhren, statt massiver Cylinder. Vergl. Leslie's Elements of Natural Philosophy Edinb. 1823. I. 225.

² Ann. Ch. Ph. XXI. 352.

³ Essay on the Shafts of Mills. 2^o. ed. I. 305.

⁴ a. a. O. p. 129.

von gleicher Metallmasse, wie $1,7 : 1$, wenn der innere Halbmesser sich zum äusseren wie $15 : 25$ verhält, und $2 : 1$, wenn das Verhältniss der Halbmesser $= 7 : 10$ ist, das erstere beträgt die Metaldicke $0,2$ der Dicke des ganzen Cylinders, für das letztere $0,15$ derselben, und er hält aus für das Minimum, wenn das Metall noch stark gefügt sein soll, um nicht eingedrückt zu werden¹. Ist allgemein

äussere Halbmesser der Röhre $= r$, der innere aber $= nr$, so sey gleiche Masse die relative Festigkeit des massiven

$= 1$ gesetzt, die des hohlen $= \frac{1 - n^4}{(1 + n^2) \cdot 2}$ seyn².

Wir diese Bedeutung von n bei, so ist für einen an beiden aufliegenden hohlen Cylinder die Last in der

$W = 8,1416 \text{ fr}^3 (1 - n^4)$

daselbe an einem Ende befestigt ist, die Last anwickelnd gedacht,

$W = 0,7854 \text{ fr}^3 (1 - n^4)$

In Fällen aber ist die relative Festigkeit doppelt so gross, wenn die Last über der ganzen Länge gleichmässig verbreitet ist, so lässt sich aus den oben mitgetheilten Formeln finden, wie der Fall zu berechnen sey, wenn bei einer an beiden Seiten unterstützten Röhre die Last nicht in der Mitte ist,

Man hat angenommen³, dass die Tragkraft eines Prisma, wenn die eine Fläche nach Oben gekehrt,

¹ Nach EYTELWEIN a. a. O. II. 322. verhält sich die Tragkraft der Röhre des Cylinders von gleicher Metallmasse wie $1,212 \dots : 1$ wenn der Halbmesser der Röhre sich zum äusseren wie $1 : 2$ verhält.

² Nach G. G. SCHMIDT's Versuchen bei Gren N. J. IV. 214. verhält der Querschnitt des massiven Cylinders zum Querschnitte des hohlen von gleicher Stärke, wie $84 : 59$, woraus eine bedeutende Erleichterung des Materials und weit geringeres Gewicht, also auch Verminderung der Reibung für Maschinen folgt.

³ EYTELWEIN a. a. O. II. 312. Die Behauptung wurde zuerst durch Mariotte aufgestellt, nachher durch MARIOTTE, LEIBNITZ und JACOB

die Kante aber auf den Unterlagen ruhend wäre, größer als bei der entgegengesetzten Lage, und zwar im Verhältniß von 3 : 1 oder nach andern von 2 : 1. Allein TREDGOLD ¹ fertigt aus DÜLEAU's ² Versuchen mit dreikantigen Balken, daß ihre Tragkraft in jeder Lage gleich sey. Die Tragkraft eines solchen aber verhält sich zu derjenigen eines rechtwinkligen von gleicher Höhe und der Breite der Basis wie 0,339 : 1. Da dem nun ersterer halb so viel Masse enthält, als letzterer; nur nahe $\frac{1}{3}$ ^{tel} so viel Tragkraft hat, so ergibt sich hieraus, deren Anwendung nicht vortheilhaft sey.

9. Die hier angegebenen Formeln geben auf allen sehr genäherte Werthe, und können mit Benutzung der mitgetheilten Tabelle füglich praktisch angewandt werden, bei jedoch wohl zu berücksichtigen ist, daß auch die relative Festigkeit der verschiedenen Körper bei einzelnen Exemplaren sehr ungleich gefunden wird, abgesehen von Fehlstellen und Brüchen in denselben, welche überall nicht statt finden dürfen, wenn von irgend einer der Formeln Gebrauch gemacht werden soll. Im Allgemeinen läßt sich außerdem noch bemerken, daß die Tragkraft der an beiden Enden aufliegenden Balken vermehrt wird, wenn sie fest eingemauert oder fest gekeilt sind.

10. Ein anscheinend paradoxes, aber sehr zuverlässiges Mittel, die Tragkraft der an beiden Enden aufliegenden Balken zu vermehren, giebt CAMÜS DE MÉZIE'RES ² nach eigenen früheren Versuchen als zweckmäfsig an, und PARROT ³ bestätigt dasselbe in wiederholten Erfahrungen. Man schneidet

BERNOULLI weiter geprüft. Ihre Untersuchungen finden sich in oben angeführten Abhandlungen derselben.

¹ Essay sur la Resistance etc. p. 26. Ein gleiches Resultat aus den neuesten Versuchen von COUCH S. Jahrg. des polyt. Inst. Wien. V. 238.

² Traité de la force des Bois. p. 224.

³ Theoret. Phys. I. 53. Ein einziger eigener, aber sehr gelungener, Versuch bewies mir die Anwendbarkeit dieses leichten Mittels. Ich liefs nämlich einen 11 Z. Seite haltenden, 25,5 F. zwischen den Endpunkten langen tannenen Balken bis in die Mitte einschneiden, dann einen eisernen, oben 8 Lin. dicken Keil bis auf den Grund in den Einschnitt treiben, wodurch sich der Balken 0,75 Z. in der Mitte über die wahre rechte Ebene hob, und eine Art Gewölbe bildete. Eine genaue Bestimmung

endlich dieselben nach dem Verhältniß ihrer Höhe bis zu Drittheile oder zur Hälfte der letzteren von oben herab und treibt einen Keil von hartem Holze in den Einschnitt den Boden mit Gewalt ein, bis die Balken in ihrer Mitte etwas über die horizontale Ebene erheben. In den von erwähnten Versuchen wurde die Tragkraft der bis zu $\frac{1}{3}$ Höhe eingeschnittenen Balken um $\frac{1}{15}^{\text{tel}}$, der bis zur $\frac{1}{2}$ eingeschnittenen um $\frac{1}{15}^{\text{stel}}$ und selbst der bis zu $\frac{3}{4}$ eingeschnittenen um $\frac{1}{87}^{\text{stel}}$ vermehrt.

1. In der Regel sind alle Körper mehr oder weniger elastisch, und werden sich daher unter der drückenden Last biegen, ehe sie zerbrechen. Dieses Biegen ist aber mit einem Absinken der gedrückten Theile verbunden, wozu eine Zeit erfordert wird. Hört dann der Druck der Last auf, oder geht derselbe zu einer andern Stelle über, so ist der tragende Theil so tief herabgesunken ist, daß seine Faser reißen, so wird er über seine Tragkraft beschwert werden können. Anwendungen hiervon giebt das Laufen über Bretter, über Eis u. s. w. ¹.

2. Bei der praktischen Anwendung der mitgetheilten Berechnungen über die relative Festigkeit kommt das eigene Gewicht der Körper noch weit mehr in Betrachtung, als bei der absoluten Festigkeit, und muß in der Regel jederzeit mit in Rechnung genommen werden. Indem dasselbe aber in allen praktischen Fällen zugleich mit dem getragenen Gewichte die Lasten bilden, auf die eine oder die andere Weise geformten elastischen Körper gleichfalls belastet, in den Formeln aber die ganze Last bezeichnet, welche die Körper tragen können, so ist es allezeit schon in dieser GröÙe mit begriffen seyn. Man nehme also das eigene Gewicht der verschiedenen Körper als w , jene aber, womit sie belastet sind w' , und berücksichtige, daß das eigene Gewicht der Körper allezeit über die Länge derselben verbreitet ist, so ist für diejenigen For-

der Vermehrung seiner Tragkraft war nicht wohl zu erhalten, so daß derselbe nachher nicht mehr beim Schlagen oder Springen denselben.

Eine gründliche Untersuchung dieser Aufgabe von LANGSDORF ist in Münchener Denksch. 1811.

meln, in welchen auch das getragene Gewicht über die Länge der Körper verbreitet angenommen wurde, $w' + w$ in denjenigen Fällen aber, wo die Last am Ende oder in Mitte drückt, $\frac{2w' + w}{2} = W$. Ist aber in allen ange-

Formeln $w' = 0$, so ist der Körper so beschaffen, daß er genau sein eigenes Gewicht trägt, und es läßt sich aus den gehörigen Werthe von W bei jeder der angegebenen Gleichung die Länge, oder die Breite oder die Höhe finden, welche Körper haben muß, um sein eigenes Gewicht zu tragen. Dieses nur an einem Beispiele zu zeigen, werde die Länge an beiden Enden aufliegenden Stange von Gufseisen, von einem Quadratzoll Querschnitt, gesucht, welche ihre eigene Last bleibend gebogen zu werden, zu tragen vermag. Es ist: der unter N^{ro}. 1. angegebenen Formel $W = \frac{2 f b h^2}{3 l}$,

wo $\frac{w}{2} = W$ gesetzt ist $w = \frac{4 f b h^2}{3 l}$. Der Werth von w

aber gefunden, wenn l bekannt ist. Wiegt nämlich die Last eines Zolles des gegebenen Körpers m Pfunde, so ist $w = m$, welches substituirt, auf beiden Seiten die Gleichung mit l multiplicirt und mit m dividirt giebt

$$l^2 = \frac{4 f b h^2}{3 m}$$

Es ist aber das Gewicht eines rheinländischen Kub. Zolles Gufseisen in Berliner Pfunden 0,274 .. nahe genau. Substituirt man also diesen Werth für m , und den in der Tabelle enthaltenen für f , so wird

$$l^2 = \frac{4 \times 15743}{3 \times 0,274} = 276,8 \text{ Z. oder } 23,1 \text{ F.}$$

Zur größeren Bequemlichkeit und zur Erleichterung der Rechnung bei der praktischen Anwendung dieser Formeln ist in oben mitgetheilten Tabelle der Werth von m , oder das Gewicht eines rheinländischen Würfelzolles der am meisten vorkommenden Körper in berliner Pfunden nach TREDGOLD's Angaben reducirt in mindestens für die praktische Anwendung hinlänglich genähertem Werthe hinzugefügt. In sehr vielen, wo nicht in den meisten Fällen, namentlich beim Bauen, sind von den zu

bestimmt. Bekann die Gröſſen b , K und i entweder genau oder annähernd, so wird dann ihre Festigkeit gesucht. Dann ist bloß erforderlich, vermittelst der in der Tabelle angegebenen Werthe von m das eigene Gewicht des Körpers als w , vermittelst der Formel aber den Werth von W zu suchen, woraus dann leicht $W = w \cdot m$ oder diejenige Last gefunden werden kann, womit die Balken sicher belastet werden dürfen.

Endlich die Tragkraft der Balken, Stäbe u. dgl. noch zu erhöhen werde, wenn man ohne Vermehrung ihrer Querschnitte verschiedene Formen giebt, wie diese z. B. bei den Maschinen, Heben und andern Künstlern, oder auch bei den Balancieren oder den Säulen der Dampfmaschinen gewählt zu werden pflegen, liegt in der Natur der Sache. Gute Bestimmungen für jede einzelne Form aber liegen im Bereiche dieses Werkes.

§. Rückwirkende Festigkeit.

Man versteht unter rückwirkender, oder nach GRAAD bezeichnet, Festigkeit diejenige Kraft, welche die Körper gegen eine zusammendrückenden oder zerdrückenden Last entgegenstellen. Der Ausdruck: *rückwirkende Festigkeit* bezeichnet diesen Begriff genau, und der andere, nämlich *nagelsteife*, auch für diejenigen Fälle, in denen ein gegen den Durchmesser verhältnißmäßig langer Körper durch eine in Richtung seiner Längsaxe wirkende Kraft gedrückt wird. Es giebt zwei vorzügliche Aeußerungen der rückwirkenden Festigkeit, hauptsächlich in Rücksicht auf die praktische Anwendung, nämlich zuerst wenn eine Säule oder ein Pfeiler aufrecht steht, und eine Last trägt, dann das Gewicht, welches, ohne Biegung und demnächst Zerbrechung zu wirken, getragen werden kann, wobei die Länge des Körpers in Betrachtung kommt; und zweitens wenn ein Körper bedeutende Länge, z. B. ein Würfel gedrückt wird, ist zu finden, welche er ohne Zerstörung seiner Cohärenz ertragen vermag. Wir untersuchen zuvörderst das Erstere.

A. Das Problem über die rückwirkende Festigkeit der Körper, oder über die Last, welche gerade, auf einem horizontalen Boden stehende Säulen oder prismatische Körper zu tra-

gen vermögen, ehe sie sich biegen, ist zuerst v. L. EULER theoretisch untersucht, und in Verbindung, damit auch wissenschaftlich interessante Frage beantwortet, wie hoch Säule von gegebener Dicke seyn darf, bis sie durch ihre ei Last gebogen wird. Eine Anwendung der gefundenen Formel auf die von MUSSCHENBROECK angestellten Versuche zeigt Richtigkeit derselben. Die Arbeiten beider Vorgänger benutzte EYTELWEIN², und giebt die Formeln zur Berechnung der Lasten, welche Säulen von verschiedenen Körpern nach ihrer Gestalt und Länge zu tragen vermögen. L. EULERS gehaltene Abhandlung findet man in vielen, namentlich der oben genannten, Werke über die relative Festigkeit der Körper benutzt. Indem aber eine ausführliche Erörterung dieses Gegenstandes für unsern Zweck zu viel Raum erfordern würde, so wird genügen, die mit den Eulerschen im Wesentlichen übereinstimmenden Formeln aus TREDGOLD mitzutheilen, und für die praktische Anwendung brauchbar darzustellen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die rückwirkende Festigkeit dem Querschnitte des Körpers und seiner Steifheit direct, seiner Länge aber umgekehrt proportional seyn muß, wonach

$$Q = \frac{k m}{n^r}$$

als die allgemeine Gleichung für dieselbe angesehen werden kann. Es ist indess nicht einerlei, ob die zusammendrückende Last auf die Axe der Säule selbst drückt, oder in einem gewissen Abstände von derselben. Nehmen wir also hierauf Rücksicht, behalten wir ferner die oben gewählten Bedeutungen von W , b , h , l und f bei (h in derjenigen Richtung genommen, welcher die Biegung erfolgen kann), und nennen den Abstand des gedrückten Punctes von der Axe, gleichfalls in rheinländischen Zollen, $= a$, denjenigen Theil der Länge aber, um welchen ein Prisma, dessen Querschnitt ein Quadratzoll ist, seiner Länge als Einheit genommen, ausgedehnt wird, wenn es mit einer Last $= f$ beschwert ist, $= e$, so ist für ein rechtwinkliches Prisma

$$W = \frac{f b h^2}{h + 6a + \frac{6l^2e}{4h}} = \frac{f b h^3}{h^2 + 6ah + 1,5l^2e}$$

¹ Acta Acad. Pet. II. P. I. p. 121.

² a. a. O. p. 409. ff.

wenn $a = 0$ ist, oder der Druck die Axe selbst trifft, wie in vielen Fällen angenommen werden kann, so ist

$$W = \frac{f b h'}{h^2 + 1,5 l^2 e};$$

wenn man von einer in der praktischen Anwendung doch erreichbaren Genauigkeit abstrahirt, insbesondere also mit Rücksicht auf diejenigen Fälle, in denen Pfeiler aufliegende Bögen oder Gewölbbogen tragen sollen, wobei man in genäherten Werthe annehmen kann, daß der stärkste Druck den Rand der oberen Durchschnittsfläche der Säule trifft, in welchem $a = \frac{1}{2} h$ ist, wird

$$W = \frac{f b h'}{4 h^2 + 1,5 l^2 e}$$

Einem Cylinder, vom Durchmesser d , dessen Stärke gegen eine quadratische Säule, wenn sein Durchmesser der Seite des Querschnittes der letzteren gleich ist, sich nahe genau als 1,6 verhält, ist auf gleiche Weise in sehr genäherten Formeln:

$$W = \frac{f d^4}{1,6 (d^2 + 6da + 1,5 l^2 e)}$$

setzen für $a = 0$

$$W = \frac{f d^4}{1,6 d^2 + 2,4 l^2 e}$$

für $a = \frac{1}{2} d$

$$W = \frac{f d^4}{6,4 d^2 + 2,4 l^2 e}$$

In Formeln werden die Gröfsen b , h , l und d in jedem Falle der praktischen Anwendung gegeben, f aber kann aus der oben mitgetheilten Tabelle, und e aus der unten folgenden genommen werden. Auf das eigene Gewicht der Säulen Rücksicht zu nehmen ist im Allgemeinen unnöthig. Sollte es aber nöthig seyn, so müßte man annehmen, daß die Biegung der Säulen ihre eigene Last in der Mitte bewirkt würde, und daß sich die Hälfte ihres Gewichtes auf ihre halbe Länge wirklich der oben gewählten Bezeichnung von w und w' würde gleichfalls $\frac{2w' + w}{2} = W$ seyn, die Auflösung selbst

aber auf sehr verwickelte Formeln führen. Nennt man wie oben, m das Gewicht eines zölligen Würfels des zu nenden Körpers, q aber den Flächeninhalt des Quers der Säule in Quadratzollen, so wäre $w' = \frac{1}{2} l m q$, und man hiernach für $w' = 0$ die Höhe einer Säule finden, gerade stark genug wäre, ihr eigenes Gewicht zu tragen würde dieses auf die kubische Gleichung führen

$$l' + 10,66 \cdot \frac{d^2}{e} l = \frac{f d^4}{0,3 e m q}$$

Versuche über die rückwirkende Festigkeit längen sind ausser von MUSSCHENBROEK noch angestellt durch HOLDS¹, NAVIER, RONDELET und DÜLSAU, und in den angegebenen Werken derselben beschrieben.

B. Versuche über das Gewicht, wodurch Körper nicht grosser Länge zerdrückt werden, sind verhältnissmässig wenige angestellt. Ueber Guss Eisen hat REYNOLDS bekannt gemacht, noch mehrere aber stellte G. RENN² an, welche indess keineswegs zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes genügen. Die von ihm erhaltenen Resultate, die Zahl der Pfunde, wodurch ein Würfelzoll zerdrückt auch hierbei auf rheinländisches Mass und Berliner reducirt, sind in der nachfolgenden Tabelle unter c auf die Bedeutung von e aber ist oben angegeben.

Substanzen	e	
Schmiedeeisen	0,00071430	
Guss Eisen	0,00082226	90
Glockenspeise	0,00104167	
Messing	0,00075010	
Zink	0,00023809	
Zinn	0,00062500	
Blei	0,00208334	
Fischbein	0,00684931	
Eiche, engl. geradfibrige,	0,00232556	

¹ Banks on the Power of Machines. p. 89.

² Edinb. Encycl. art. Bridge. p. 544. Nicholsons J. XI
Genauer bei Tredgold a. a. O. p. 93.

³ Phil. Trans. 1818. 1. Phil. Mag. LIII. 173.

Substanzen	e	c
Mahagoni, von Honduras,	0,00288095	—
Fichte, gelbe amerikanische,	0,00241304	—
Tanne, rothe,	0,00212766	—
— weisse,	0,00198412	—
Lerchenbaum	0,00192308	—
Esche	0,00215517	—
Buche	0,00175439	—
Ulme	0,00241546	—
Kalkstein	—	515,0
Gebrannter Mauerstein	—	578,4
Granit	—	11229
Marmor	—	6237
Porphyr (nach Geauthy)	—	36608
Mauerstein, Portland stone	—	3838
— Craigleith stone	—	5650
— Dundee stone	—	6824

Unter diesen Angaben ist die von Geauthy ohne Zweifel etwas zu groß, zugleich aber wären umfassende genaue Versuche gewiss sehr wünschenswerth. Sollen die unter c mitgetheilten Größen auf englische Zolle und Pfunde reducirt werden, so geschieht dieses durch Multiplication mit 0,97159, die Reducirung auf Pariser Zolle und Pfunde durch Multiplication mit 1,02118, auf Centimeter und Kilogramme aber mit 0,063787.

Noch könnte hier die Festigkeit der Körper gegen Drehung betrachtet werden. Allein diese verdient, hauptsächlich wegen ihrer Anwendung, bei der Drehwaage eine besondere Untersuchung.¹

M.

Collectivglas.

Sammelglas; *vitrum colligens*; verre collective.

Eigentlich ist jedes convexe Glas, welches die Strahlen näher zusammenbringt, ein Collectivglas; man versteht darunter aber gewöhnungsweise ein solches, das die durch ein anderes Glas schon convergent gemachten Strahlen noch stärker convergirend macht, und in einen nähern Brennpunct vereinigt.² B.

¹ S. Drehung.

² Vergl. Brennglas. I. 1205. u. Fernrohr.

Collector.

Collector der Elektricität, Elektricitätssammler; Collector; Collecteur; Collector.

Diesen Namen führt ein von CAVALLO erfundenes, auf dem Princip der elektrischen Atmosphärenwirkung und der davon abhängigen elektrischen Vertheilung gegründetes Instrument zur Entdeckung der sonst unmerklichen Grade von Elektricität durch Sammlung und Verdichtung derselben, das im Grunde nichts anders als eine Modification des Volta'schen Condensators ist.

BENNET und CAVALLO bemerkten bald nach Erfindung des Elektricitäts-Verdopplers oder Duplicators¹, daß wenn man die Operation mit ihm vornimmt, auch ohne zuvor Elektricität hinzuzuführen, dieses Instrument dennoch stets Elektricität zeigt. BENNET stellte einige schätzbare Versuche an, um die Ursache dieser gleichsam von selbst sich erzeugenden Elektricität zu Mittel gegen die daraus entspringende Unzuverlässigkeit im Gebrauche des Duplicators aufzufinden, und CAVALLO legte der Societät der Wissenschaften zu London im Jahre 1788 die Beschreibung eines neuen Instruments vor, welches er *Collector* oder *Elektricitätssammler* nannte und das seiner Versicherung nach jener Unvollkommenheit nicht unterworfen seyn sollte.

Fig. 47 und 48 Die beiden perspectivischen Zeichnungen stellen das Instrument dar, die eine in dem Zustande, die Elektricität zu sammeln, die andere in dem Zustande, die gesammelte Elektricität bemerkbar zu machen. Die nämlichen Buchstaben bezeichnen dieselbigen Theile in beiden Figuren; a b c d ist eine eiserne Zinnplatte, 13'' lang und 8'' breit. An den kurzen Seiten derselben sind zwei zinnerne Röhren a d und b c angelöthet, an beiden Enden offen sind; d e und c f sind zwei Glasröhren, die mit Siegellack durch Hülfe der Wärme (nicht des Weingeistes, welches nur eine unvollkommene Isolirung gewährt) überzogen sind. Sie sind in die unteren Oeffnungen der zinnernen Röhren und eben so in den hölzernen Untersatz der

¹ S. *Duplicator*.

ne bei e und f eingekittet, dergestalt, daß die Zinnplatte
 ch die Glasröhren vertical getragen wird, und völlig isolirt
 g h i l q r und n o p v sind zwei hölzerne Rahmen, welche
 das hölzerne Bodenstück befestigt sind, und durch Hülfe
 mässiger Scharniere k, m entweder parallel mit der zinner-
 a Platte gestellt, oder geöffnet und auf das Bodenstück gelegt
 werden können. Ueber die innere Seite der Rahmen wird von
 e Mitte ihrer Höhe, wo der untere Rand der Zinnplatte ge-
 genüber steht, Stanniol x, y mit aller Sorgfalt aufgeklebt, daß
 vollkommen eben anliege. Wenn die Rahmen vertical ste-
 hen, so berühren sie die Zinnplatte nicht, sondern stehen un-
 gefähr 0",2 davon ab. Sie sind auch etwas schmaler als die
 Platte, um die zinnernen Röhren a d, b c nicht zu berüh-
 ren. In der Mitte des Obertheiles jedes Rahmens befindet sich
 ein kleines hölzernes Brett s und t mit einer messingenen Klam-
 mer, durch welche die Rahmen in der Höhe befestigt werden,
 welche zugleich verhindert, daß sie der Zinnplatte nicht
 zu nahe kommen können. Man sieht leicht, daß wenn die
 Platten vertical gerichtet sind, die Flächen des Stanniols x, y
 sich laufend und parallel mit der Zinnplatte sind.

Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so stellt man
 es auf einen Tisch oder einen andern bequemen Ort. Man stellt
 irgend ein empfindliches Elektrometer, wie das *Bennet'sche*
 oder *Bohnenberger'sche*, daneben, und bringt es durch
 einen Metalldraht mit einer von den zinnernen Röhren a d, b c
 in leitende Verbindung. Man veranstaltet eine andere leitende
 Verbindung zwischen der Zinnplatte und dem Elektrizitätsquell,
 wobei Elektrizität man in der Zinnplatte a b c d sammeln und
 abgeben will¹. Nachdem diese Verbindung nach den Um-
 ständen mehr oder weniger lange bestanden hat, hebt man die
 Verbindung auf, und legt die Seitenrahmen einen nach dem
 andern nieder, worauf dann das Elektrometer durch die Diver-
 genz der Goldblättchen, oder bei Anwendung des Bohnenber-
 ger'schen durch die Bewegung nach der einen oder andern Seite
 der Elektrizität anzeigen wird, auch wenn ihre ursprüngliche Span-
 nung noch so gering war, wenn nur ein hinlänglicher Vor-

¹ Vergl. *Condensator*.

rath von Elektricität von dem Elektricitätsquell aus, prüft, hinzuströmen konnte. Sollte jedoch die Zinn Collectors keine Elektricität durch das Elektrometer, so kann man einen kleinern Collector, nämlich einen dessen Zinnplatte ohngefähr 4 Quadratzolle hat, mit platte des grösseren, worin man zuvor auf die angegebene die Elektricität angesammelt hat, in Berührung während bloß die Seitenrahmen des Letzteren angewendet. Wenn alsdann der kleine Collector von dem grösseren wird, seine Seitenrahmen nun erst niedergelegt werden, seine Zinnplatte mit einem empfindlichen Elektrometer in Berührung kommt, so wird dieses dann in manchen Fällen deutliche Spuren von Elektricität verrathen, und ein grösserer Collector zwar nur sehr schwach wahrgenommene Elektricität wird jetzt sehr verstärkt erscheinen.

Das Princip des Collectors ist ganz übereinstimmend mit demjenigen des Condensators. Der Collector ist im Wesentlichen nichts anderes als ein Condensator, besteht aus einer Schicht von Harzfirniss, wie sie bei den gewöhnlichen Condensatoren angewandt wird, um den Ueberrath von Elektricität von der Collector-Platte nach der gegenüberliegenden Platte zu verhindern, und bloß die vertheilende Wirkung eintreten zu lassen, eine dünne Luftschicht zu hindern ist, welche LICHTENBERG auf eine etwas andere schon früher in Vorschlag gebracht hatte. Doch ist die Entfernung von 0",2 zwischen der mittleren Zinnplatte beider Seitenplatten zu groß, und die condensirende Wirkung möchte bei einer solchen Distanz kaum eine fünfzehnte Theilung der ursprünglichen Spannung der Elektricität führen, wenn auch die Elektricität aus einem unerschöpflichen Quell hinzuströmt. Indessen könnte man leicht bei dem Collector die Einrichtung so veranstalten, daß die Seitenplatten etwa durch eine gezahnte Stange der mittleren Platte selbst bis auf 0,1 einer Linie genähert, und die Collector von verschiedener Stärke erhalten werden könnte. In der Ausführung aber in der Ausführung große Schwierigkeiten in der vollkommenen Parallelismus der Platten, worauf es bei diesem wesentlich ankommt, zu erhalten. Leicht werden die hölzernen Rahmen durch den Einfluß der Feuch-

Genauheit werfen, womit von selbst jener Parallelismus auftritt, wenn er auch bei der ersten Einrichtung statt fand. Uebrigens gewährt der Collector CAVALLO's den Vorzug vor dem ähnlichen Condensator mit einer einzelnen, der Collector-gegenüberstehenden Scheibe, daß bei übrigens gleich con-
 stanter Kraft *der einzelnen Platte* die doppelte Wirkung hergebracht wird, weil jede Platte oder jeder Rahmen seitwärts ein gleiches Quantum Elektricität bindet, das folglich beim Zurückschlagen der beiden Rahmen zu gleicher Zeit in Wirkung gesetzt, die doppelte Spannung am Elektrometer geben wird, vorausgesetzt, daß die Zinnplatte ihre Elektricität aus einer unerschöpflichen Elektricitätsquelle erhält, oder wenigstens einen solchen, der in Beziehung auf die gegebene Capacität der Zinnplatte (abhängig von der GröÙe und der condensirenden Kraft derselben) hinlänglich viele Elektricität hergibt, ohne daß die elektrische Spannung des Körpers, der die Elektricität hergibt, merklich abgenommen hätte.

CAVALLO erläutert die Wirkung und den Gebrauch dieses Instruments durch einige Versuche, welche auch zur Erläuterung der Wirkungsart des Condensators dienen ¹. P.

Collimation.

Collimatio; Collimation; *Collimation*; (von *collimare* oder *collineare*, nach etwas zielen; eigentlich: das Zusammenfallen zweier Linien.) So heißt an einem Winkelmesser die Übereinstimmung der Angabe der Eintheilung mit der wirklichen GröÙe des gemessenen Winkels. Sie kann nur da in Betracht kommen, wo die Visirlinie auf eine andere, als Nordrichtung angenommene, Linie bezogen wird, welche letztere dem Instrumente mit dem Anfangspuncte der Theilung zusammenfallen muß. Bei den Höhenmessungen mit Quadranten und Kreisen ist dieses die *Horizontallinie*, bei den Zenithdistanzen die *Verticallinie*; bei Spiegelsextanten ist es die Richtung

¹ Vergl. *Condensator*. Man findet diesen Apparat beschrieben in *Philos. Transact.* LXXVIII. P. II. Daraus übersetzt in *Grens J. I.* 275.

² Vergl. *G.* IX. 121.

des kleinen Spiegels, mit welcher diejenige des großen ver-
 chen wird. Jede Winkelmessung erfordert zwei Visirlin-
 bei terrestrischen Winkelmessungen wird das Fernrohr de-
 zwei abgesonderte Beobachtungen erst an die Richtung der
 uen, dann in die der Andern gebracht; der Unterschied be-
 Richtungen auf der Eintheilung giebt die Größe des Win-
 zu erkennen. Hier kann also von keiner Untersuchung
 Collimation die Rede seyn. Anders verhält es sich bei den
 wähten zusammengesetzten Beobachtungen, bei welchen
 nur einer einzigen Visirung bedarf, weil die andere, als die
 die Einrichtung oder Stellung des Instruments bereits ge-
 angenommen wird. Fällt die Richtung des Fernrohres
 dieser zusammen, so ist der Winkel Null, und der An-
 punkt des Vernier muß sich auf dem Nullpunkte der Ein-
 lung befinden. Ist dieses nicht der Fall, so hat das Instru-
 einen *Collimationsfehler* (Erreur de Collimation), und
 wird alle mit demselben gemessenen Winkel um ein gewis-
 Quantum zu groß oder zu klein angeben.

Die Bestimmung des Collimationsfehlers setzt also die Kennt-
 niss des wahren Winkels (der Höhe oder Zenithdistanz) voraus,
 mit welcher die Angabe der Vernier verglichen werden muß.
 Hierzu giebt es zweierlei Wege: Das Umwenden des Instru-
 mente und die Höhenmessung mit dem künstlichen Horizont.
 49 Gesetzt man habe mit einem Kreise die Zenithdistanz
 A Q eines Sterns beobachtet in derjenigen Stellung, da die Ein-
 theilung gegen Osten gekehrt war. Wendet man nun das Instru-
 ment entweder um die verticale Axe P Q oder um die horizontale
 50 H O um 180° , so daß die Eintheilung nach Westen zu steht,
 kommt, so wird man das Fernrohr aus der Richtung A a in die
 Lage B b bringen müssen, um auf den nämlichen Stern zu visiren
 und die neue Zenithdistanz wird dem Bogen B Q gleich seyn.
 Die Alhidade hat mithin den Bogen A B durchlaufen, welcher
 die doppelte Zenithdistanz ausmacht. Der wahre Winkel
 mithin $= \frac{1}{2} A B$, mit welchem die abgelesenen Winkel A Q
 B Q verglichen werden müssen. Zeigt das Instrument
 Winkel A Q größer als $\frac{1}{2} A B$, so muß B Q um eben so
 kleiner als $\frac{1}{2} A B$ seyn, und $\frac{A Q - B Q}{2}$ ist der Collimations-

der des Kreises, — für die Winkel bei ostwärts sehendem
 Ambus, \div für diejenigen in der entgegengesetzten Stellung.
 Die Wendung um die verticale Axe P Q oder um die hori-
 zontale H O geschehe, ist gleichgültig, und hängt von der Ein-
 richtung des Instrumentes ab. Die letztere Methode, bei den
 französischen *Bordakreisen* und bei den kleinen Qua-
 dranten gebräuchlich, ist ein eigentliches *Umkehren* des Instru-
 mentes und heisst Rectification par *renversement*. Die Wendung
 um die verticale Axe hingegen (rectification par *retournement*)
 ist auch bei grössern Quadranten, Mauerquadranten, grossen
 Meridiankreisen, den *Bohnenbergerschen* und *Reichen-
 bacherschen* Wiederholungskreisen, und bei den Zenithsectoren
 anwendbar. Um an Quadranten auch bei umgekehrter Lage
 noch kleine Zenithdistanzen messen zu können, wurde die Thei-
 lung noch jenseit des Punctes Q um einige Grade fortgeführt,
 Bei grossen Werkzeugen dieser Art konnte die Umwendung we-
 gen mancherlei Schwierigkeiten nur selten, oft nur halbjähr-
 lich vorgenommen werden, auch bei den Kleinern wartete man
 gewöhnlich die folgende Culmination ab. Da aber selbst bei
 einem täglichen Umwenden (geschweige denn in einer Periode
 von Wochen und Monaten) leicht zufällige Störungen das In-
 strument verrücken können, so schlägt LITTROW vor¹, bei
 Kreisen, die sich leicht und genau umdrehen lassen, die Colli-
 mation mit Hülfe des Polarsterns zu bestimmen, indem man
 denselben sogleich nach einander in beiden Lagen beobachtet.
 Bei der langsamen Bewegung dieser Sterne kann man beide Hö-
 hen leicht auf die Mittelzeit der Beobachtungen reduciren, so
 daß sie als gleichzeitige Messungen erscheinen, und ihr Unter-
 schied giebt den Collimationsfehler. Gesetzt, es seyen drei
 Beobachtungen in der einen Lage des Instruments, und gleich
 nachher drei andere in der andern Lage gemacht worden; das
 arithmetische Mittel aller Beobachtungsmomente sey T, und
 t bezeichne die Abstände jeder einzelnen Beobachtung von
 dieser Mittelzeit. Zieht man von T die gerade Aufsteigung des
 Polarsterns ab, so erhält man seinen Stundenwinkel t. Mit

¹ Schumacher's Astron. Nachr. I. 113.

diesem, seiner Polardistanz p , und der Breite φ findet man Höhenänderung m für 1 Zeitminutè durch folgende Formel

$$m = 900 \cdot \sin p \cdot \sin t \pm 900 \cdot \sin p \cdot \sin t \times \sin p \cdot \tan \varphi$$

Tang. φ ; das Zeichen $+$ gilt für die Stundenwinkel von 0^h bis 24^h , und von 0^h bis 6^h ; $-$ für diejenigen von 6^h bis 24^h . Die Werthe des erstern Gliedes gehen nicht über $26''$; die Letztern bei 40° Breite nicht über $0,30''$; bei 60° nicht $0,60''$. Indem man nun die in Minuten und ihren Decimalen ausgedrückten Zeitabstände dT mit m multiplicirt, so man die Verbesserung jeder einzelnen Höhe.

Bei grossen und festen Instrumenten, wie z. B. bei Mercurquadranthen kann das Umwenden nur selten und meist nicht nachtheilige Erschütterungen und Dehnungen des Instrumentes vorgenommen werden. Man nahm daher ein Instrument mit eben so grossem Radius, aber kürzerm Gradbogen, den man den *Zenithsector* zu Hülfe, der an einer verticalen Achse befestigt, sich leicht umwenden liess. Mit diesem beobachtete man in beiden Lagen einige Sterne nahe am Zenith, und verglich mit dem Resultat dieser Zenithdistanzen die Angaben der auf eben diese Sterne gerichteten Fernrohre am Quadranten.

Im J. 1809 gab BESSEL¹ eine andere Methode an, die *re. Höhe* eines Gestirns auch ohne Zenithsector zu finden, und dann mit dieser die Angabe des Quadranten zu prüfen. Diese ist die nämliche, welche man seither auf den Sternwarten zu Göttingen und Greenwich angewandt hat, um an grossen Meridiankreisen mit Beseitigung des Collimationsfehlers und schwierigen Einstellung der Wasserwaage sehr genaue Höhenbestimmungen zu erhalten. Sie besteht in der Anwendung eines künstlichen Horizonts, namentlich einer hinlänglich breiten Wasser- oder Quecksilberfläche. In diesem horizontalen Spiegel erblickt der Beobachter das Bild des Gestirnes eben so weit unter dem Horizonte, als es ihm direct gesehen demselben erscheint: der Winkel zwischen diesen beiden Objecten ist die Summe ihrer Elevation und Degression; man erhält also genau die doppelte Höhe. Da der Quadrant keine

¹ Bode Astron. Jahrb. f. 1812. p. 148. und Monatl. Corresp. p. 87.

ensionen zu messen erlaubte, so schlug BESSEL vor, am Fernrohr desselben von dem Objectiv einen vorwärts geneigten Hohlspiegel zu befestigen, der mit der Axe des Fernrohrs einen Winkel von etwa $22\frac{1}{2}$ Graden bildete, und auf der Ebene des Quadranten senkrecht stand. Um mit diesem Apparate einen Stern zu beobachten, der in 45° Höhe stand, mußte man das Fernrohr auf $67^\circ,5$ Höhe stellen, wenn man seinen Erhöhungswinkel, und auf $22^\circ,5$, wenn man die Degression des Bildes im künstlichen Horizonte bestimmen wollte. Der halbe Unterschied dieser Messungen gab die wahre Höhe des Sterns, und diese verglichen mit der Angabe des Instruments bei der Beobachtung des künstlichen Horizont, zeigte die Verbesserung aller Höhen mit dieser Einrichtung gemessenen Höhen oder Zenithdistanzen. Da die beiden Beobachtungen nicht im nämlichen Momente angestellt werden können, so erhält man, wenn der Sextant im Meridian steht, die wahre Zenithdistanz Z durch folgende Formel, in welcher z' die aus dem Horizonte, z die direct mit dem Spiegel beobachtete Distanz, t' der Stundenwinkel der erstern, t derjenigen der andern Beobachtung und δ die Declination des Sterns bezeichnet:

$$Z = 90^\circ - \frac{1}{2} (z' - z) - \frac{1}{4} \sin. 1'' (t'^2 + t^2) \cos. \delta. \sin. \delta.$$

Ein kleiner Fehler in der Lage des Spiegels gegen die Ebene des Quadranten ist, wie BESSEL zeigt, von geringem Einfluß. Der Winkel, welchen er mit der Axe des Fernrohrs bildet, ist willkürlich, und kann absichtlich verändert werden, um bei der directen Beobachtung die Alhidade auf andere Stellen des Quadranten zu bringen, und so die Fehler einzelner Theilstriiche zu prüfen.

Beim Spiegelsextanten und den Spiegelkreisen muß der Index des Vernier auf Null stehen, wenn beide Spiegel einander parallel sind. Alsdann fällt das reflectirte Bild mit dem directen zusammen, und man sieht nur Ein Bild. Die Entfernung dieses Objectes muß aber über 5000 Fuß betragen, damit nicht die Distanz der beiden Spiegel, die 2 bis 3 Zolle beträgt, eine merkbare Parallaxe veranlasse. Gewöhnlich benutzt man sich der Sonne zu dieser Prüfung des Nullpunctes, und zwar nicht durch volle Bedeckung der beiden Bilder, sondern, indem man zu beiden Seiten des Nullpuncts den Durchmesser der Sonne mißt: der halbe Unterschied beider Angaben

giebt den Collimationsfehler oder Indexfehler des Sextant. Man findet an einigen ältern Instrumenten dieser Art eine Einrichtung, um durch Drehung des kleinen Spiegels den Indexfehler ganz aufzuheben. Allein dieses Verfahren ist fehlerhaft, indem dadurch andere Strahlen, als diejenigen, welche von *Mitte* des großen Spiegels ausgehen, in das Fernrohr reflectirt werden. Besser wäre es, den großen Spiegel ein wenig drehbar zu machen. Allein alle diese Künsteleien vermehren die Wandelbarkeit des Instruments, und es ist rathsamer, den größern beständigen Indexfehler in Rechnung zu bringen, die Winkel durch eine unsichere von $+$ zu $-$ schwankende Correction unzuverlässig zu machen. Die Veränderlichkeit des Indexfehlers, über welche verschiedene Beobachter (unter andern RÜPPELL¹) Klage geführt haben, rührt hauptsächlich von mangelhafter Befestigung kleiner Schrauben und den Schwankungen des Fernrohrträgers her, und ein solid gearbeiteter, behandelter Sextant kann Jahre lang seinen Indexfehler bis zu wenigen Secunden unverändert erhalten. Bei Spiegelkreisen, wie auch bei den oben erwähnten Wiederholungskreisen verwendet man die Bestimmung des Collimationsfehlers dadurch, daß man durch abwechselndes Umwenden des Instruments den Winkel bald vorwärts bald rückwärts mißt, wodurch jener Index in der Lage des Index sich gegenseitig aufhebt.

Zufolge einer kurzen Nachricht² hat neulich KATER unter dem Namen *Floating Collimator* ein Werkzeug vorgeschlagen, die Collimation der Kreise zu bestimmen. Er vereint demselben die von GAUSS gemachte Bemerkung, daß man das Endnetz eines Fernrohrs durch das Objectiv desselben mit einem andern Fernrohr sehen kann, mit der Eigenschaft der schwimmenden Körper, auf einer Flüssigkeit sich immer, in jeder Lage unter dem nämlichen Neigungswinkel einzusenken. Sein *Collimator* ist demzufolge ein Fernrohr auf einem länglichen Stück Eisen befestigt, das auf Quecksilber schwimmt, und reichend schwer ist, um den kleinern Zitterungen zu widerstehen. Er wird auf einem Gestelle bis zur Höhe des Fernrohrs

1 Corresp. Astron. IX. p. 57.

2 Corresp. Astron. XII. 89.

Commutationswinkel-Comparateur.

Erst, diese Collimation nach dem Mittel will, erhoben, denselben in zwei entgegengesetzten Richtungen gegenüber stellt. Mit unverrücktem Kreise misst man sodann die Distanzen des Fadenkreuzes im Collimator in beiden Stellen; ihr halber Unterschied giebt den Collimationsfehler. Resultate sollen sehr sicher und genau seyn. H.

Commutationswinkel.

Commutation. Angle de Commutation; Angle of mutation. Wenn man sich den Ort eines Planeten auf der Ekliptik projectirt denkt und von diesem projectirten Orte gerade Linie nach der Sonne zieht, so heisst der Winkel, den diese mit dem Radius Vector der Erde macht, der Commutationswinkel. Dieser ist also gleich dem Unterschiede der heliocentrischen Länge der Erde und des Planeten. B.

Comparateur.

Vergleicher linearer Masse. Die im Laufe dieses Jahrhunderts in Frankreich versuchte Einführung neuer Masse und Gewichte, die Berichtigung und genauere Bestimmung der bestehenden in andern Ländern; und Vergleichung der Längenmasse zum Behuf geodätischer Arbeiten, machten ein Instrument nothwendig, durch welches die Masse mit aller nur erreichbaren Genauigkeit untereinander verglichen werden konnten. Hierzu dienen alle diejenigen Mittel, welche zur Messung kleiner Verlängerungen bei den physikalischen Untersuchungen zur Sprache kamen; vorzüglich *Fühlhebel*, *Mikrometerschrauben*, und *Mikroskop*. Zugleich ist hierbei die Art zu berücksichtigen, welcher ein Maß gegeben wird. Ein Längenmaß nämlich die ganze Länge eines Stabes einnehmen, so daß die Endkanten die Grenzen des Maßes sind; es kann aber auch auf einem Stabe durch feine Punkte oder Striche bezeichnet werden. Die Franzosen nennen das Erstere *étalon à bouts*; letztere *étalon à traits*. Jene waren früher von allgemei-

Fig. 51. nerem Gebrauch. Der Stab AA' wurde genau in einem andern Stab BB'b eingepaßt, dessen Enden unter einem rechten Winkel scharf umbogen waren. Beide Lineale waren genau gleicher Dicke, so daß ihre Berührung bei cd eine scharfe Linie bildete. Die Schwierigkeit, solche Stäbe auf die erforderliche Länge und nach allen Seiten ganz winkelrecht auszugleichen, die Klemmung und Federung, die bei diesem Einpaßsysteme unvermeidlich sind, und die leicht mögliche Verletzung der scharfen Enden scheinen der Methode, durch Striche die Grenzen eines Maßes zu bezeichnen, einige wirkliche Vorzüge einzuräumen.

Das erste Werkzeug, zur Vergleichung der Masse, war von LENOIR, im J. 1792, verfertigt. Es bestand aus einem massigen messingenen Lineal von 13 Fuß Länge, mit einem Schieber, auf welchem Zehntausendtheile der Toise (etwa $\frac{1}{12}$ Lin.) gezogen waren. Mit Hülfe von Verniers, die in verschiedenen Zwischenräumen am großen Lineal angebracht waren, konnte man noch Zehntheile jener Eintheilung oder $\frac{1}{100000}$ der Toise (etwa $\frac{1}{118}$ Lin.) ablesen, und die Schärfe der Striche konnte noch Milliontheile durch Schätzung zu bestimmen. Mit diesen Instrumente hatten BORDA und LAVOISIER die Länge der Kupfer- und Platinstäbe, die sowohl zur Basismessung als für die Bestimmung des Secundenpendels dienten, bestimmt. Die Einführung des metrischen Systems, im J. 1802, machte noch größere Genauigkeit wünschbar, und LENOIR erreichte dieselbe durch Anbringung eines Fühlhebels, dessen kürzerer Schenkel den eben erwähnten Schieber berührte, während der längere auf einem in 100 Theile getheilten Kreisbogen, vermittelst Verniers, Milliontheile der Toise angab. Die Axe dieses Hebels war vertical, und ging zwischen zwei Spitzen; eine starke Feder drückte den längern Hebel auf den Anfang des Sectorbogens zurück¹. Später verfertigte LENOIR noch ein zweites Instrument dieser Art, das eine Genauigkeit von $\frac{1}{2000}$ Lin. gab, und welches ihm bei Gelegenheit einer öffentlichen Ausstellung die goldene Medaille erwarb.

¹ S. die Beschreibung und Abbildung dieses Comparateurs in Base du Système métrique III. 447. u. Bibl. Britan. XIX. 301.

Ungefähr um die nämliche Zeit brachte PICTET einen an-
 en Vergleich aus London nach Paris, den man einen *Diop-
 ischen Stangencirkel* nannte, weil er zwei parallel ste-
 ende Mikroskope enthielt, die an einem messingenen Stabe
 mittelst Hülzen, wie die Spitzen eines Stangencirkels ver-
 schieblich waren. Im Brennpuncte der Mikroskope befand sich
 ein Quersfaden, welcher durch eine Mikrometerschraube ver-
 schoben werden konnte, die $\frac{1}{10000}$ des englischen Zolles, (et-
 wa $\frac{1}{100}$ der Par. Linie) angab. Mit diesem Werkzeuge be-
 stimmte damals PRONY das Verhältniß des Meters zum Engli-
 schen Fuß, und zur Toise von Peru, übereinstimmend mit den
 Angaben des Comparateurs von LENOIR.

Mehrere Jahre später gab PRONY ² ein Instrument an, bei
 welchem nur ein Mikroskop nebst einer feinen auf Glas geritzten
 Scale gebraucht wird, die Hunderttheile von Millimetern an-
 zeigt. An dem einen Ende eines Messingstabes befindet sich
 ein festes Anhaltstück von Stahl, mit welchem die Endkante
 zu vergleichenden Maßes in Berührung gebracht wird;
 am andern Ende ist das Glasmikrometer befestigt, auf welches
 die Axe des Mikroskops gerichtet ist. Der Träger des Mikro-
 skops läßt sich durch eine Schraube nach der Richtung des Sta-
 bes verschieben, um den Kreuzfaden im Brennpuncte des Ob-
 jectivs auf den Anfangsstrich des Maßstabes richten zu kön-
 nen. Man legt alsdann das Urmaß auf den Stab, stemmt es
 gegen den Pfosten am Ende desselben, und bringt den Quersfa-
 den des Mikroskops auf den Theilstrich, der die Grenze des
 Maßes bezeichnet. Nach Hinwegnahme desselben bemerkt
 man die Stelle des Quersfadens in dem Glasmikrometer, wel-
 che zwischen dem Objectiv und dem Erleuchtungsspiegel sich
 befindet. Das zweite Maß, auf die nämliche Weise hingelegt,
 wird, wenn es mit dem Erstern nicht übereinstimmend ist, eine
 Verschiebung des Mikroskops nöthig machen, und diese wird
 nach Hinwegnahme des Maßes die Zahl von Hunderttheilen
 des Millimeters auf der Glasscale angeben, um welche der
 Quersfaden des Mikroskops versetzt werden mußte. PRONY
 rühmt die Wohlfeilheit und Tragbarkeit dieses Apparats, der

1 S. die höchst undeutliche Beschreibung aus einer Engl. Zeit-
 schrift in G. LII. 329.

in ein Futteral von der Gröfse eines Quartbandes verpackt werden könne.

Aehnlich mit dem oben beschriebenen Vergleiches Pict von TROUGHTON, ist derjenige, mit welchem im J. 1818 K die Länge des Secundenpendels und die Gröfse zweier von Paris erhaltener Meter untersuchte¹. Zwei Mikroskope von etwa 20maliger Vergrößerung an ein Brett von trockenem Mahagoniholz von etwa 4 F. Länge, bei 5 Z. Breite, und 3 Z. Dicke, in gehörigen Entfernung festgeschraubt; sie trugen sich durch durchkreuzende Spinnefäden in ihrem Brennpuncte, und Kopf der Mikrometerschraube, durch welche diese verschoben wurden, war in 100 Theile getheilt. Versuche durch die Ausmessung, auf einer in Zehntelzolle eingetheilten Scale, gaben 233,63 Umläufe auf den Zoll, so dafs also das Mikrometer $\frac{1}{23363}$ des Zolles, (etwa $\frac{1}{1800}$ einer Par. Linie) angab. Nachdem man durch gehörige Entfernung des Mikroskops vom Object jede optische Parallaxe beseitigt hatte, gaben verschiedene Einstellungen des Fadenkreuzes, auf eine unterlegte feine Linie immer das nämliche Resultat, so dafs man gewifs war, durchs Mikrometer angegebene Grenze der Genauigkeit zu erreichen. Endlich wurden die Gänge der Schraube untersucht indem man die unter das Mikroskop gelegte Distanz zweier Linien (von etwa $\frac{1}{4}$ Lin.) mit 20 verschiedenen Stellen der Schraube maß. Die Gröfse der Gänge war, wie dieses meistens der Fall ist, allerdings zunehmend, doch so, dafs auf etwa 50 Gänge Ungleichheit nur $\frac{1}{100}$ eines Ganges betrug. Der zu vergleichenden Meter waren zwei; ein Mètre à bouts aus Eisen, und ein Mètre à traits aus Platin, beide mit dem Namen des Verfertigers FORTIN. Das Erstere hielt 39,37076 engl. Zolle nach SHUCKBURGH's Scale gemessen, das Letztere 39,37081 bei 60° Wärme. Sechszehn Jahre früher hatte PRONY die Länge des Mètres nach dem von PICTET gebrachten Etalon, das eine Copie desjenigen von SHUCKBURGH seyn sollte, zu 39,3827 Engl. Zollen bestimmt.

Den hier gelieferten Beschreibungen zufolge, scheint der engl. Comparateur mit zwei Mikroskopen, von denen das

¹ Philos. Transact. for 1818. p. 49 u. 103. im Auszuge in d. Edinb. Univers. X. 1.

in beweglichen Faden mit möglichst feiner Mikrometer-
 raube enthalten muß, das vorzüglichere Instrument zu seyn.
 Ist auf beide Arten der Maßbegrenzung, (mit Strichen oder
 mit Kanten) anwendbar, dahingegen der Fühlhebel nur bei
 Metzern gebraucht werden kann. Sollte die Messung der
 Längen, durchs Mikroskop, einige Schwierigkeit darbieten, so
 leicht diese leicht beseitigen, wenn man nach KATER ein
 so scharfkantiges Metallstück von gleicher Dicke an das
 Ende des Stabes andrückt, da dann die feine Fuge als ein Strich
 dient. Wesentlich ist beim Gebrauch dieses Instruments
 Entfernung aller Parallaxe. Diese erreicht man dadurch,
 man den Abstand des Objects vom Mikroskop so lange ver-
 ändert, bis ein Punkt desselben immer vom Faden bedeckt
 ist, wenn man auch das Auge vor dem Ocular hin und her
 bewegt. Wie man nach PRONY mit einem einzigen Mikroskop
 die Distanz zweier Endstriche eines Maßes messen könne, ist
 meistens aus der gegebenen Beschreibung nicht deutlich zu
 sehen.
 H.

Compass.

Boussole; *Pyxis nautica*, *Versorium*; Boussole;
 Kompaß. Die horizontal schwebende Magnetnadel in einem
 Gehäuse eingeschlossen, und mit einer Kreiseintheilung verse-
 hen. Er dient um die Abweichung irgend einer Richtung von
 dem magnetischen Meridians anzugeben, und ist durch
 diese Eigenschaft der unentbehrliche Wegweiser der Seefahrer,
 ein bequemes Werkzeug für den Landmesser geworden.
 Wann, und von wem der Compass erfunden worden sey,
 ist unbekannt. FAUCHET² führt einige Verse aus dem Roman
 der Rose des GUYOT DE PROVINS an, eines Dichters, der im
 1181 am Hoflager Kaiser Friedrichs I. zu Mainz sich be-
 fand, in welchem des Magnets, unter dem auffallenden Namen
 „ste“, „als eines häßlichen schwarzen Steines gedacht
 wird, an den das Eisen sich gern anlege.“ Gemeiniglich legt

Die einfachste Einrichtung solcher mikrometrischen Mikroskope
 ist im Art. *Mikrometer*.

in s. antiquités: Origine de la langue et poésie française.

man die erste Erfindung dem FLAVIO GIOJA, einem Neapolitaner zu, der ums Jahr 1802 lebte; wirklich soll sein Geburtsort einen Compass im Wappen führen. Er theilte seinen Compass in acht Striche. GILBERT jedoch behauptet, der Venetianer MARCO POLO habe den Compass aus China gebracht; und wirklich bedienten sich früher die Venetianer der nämlichen Einrichtung, wie vordem die Chinesen, nämlich den Magnet auf einem Stück Kork schwimmen zu lassen. Nach FOURNIER ¹ ist der Name *Calamita*, der sonst dem Magnet beigelegt wird, nach einem grünen Frosch bezeichnen, weil man schon im 12ten Jahrhundert den Magnet auf Kork oder Strohhalmen auf dem Wasser schwimmen liefs. Die Chinesen theilen ihren Compass in 24, die Japaner in 12 Theile. Der Aufschwung, den die Seefahrt gegen das Ende des sechszehnten Jahrhunderts erbrachte, brachte auch diesem Gegenstande bedeutende Verbesserung. Besonders trug dazu die Entdeckung der magnetischen Abweichung, und die, auf den Glauben an ihre Unveränderlichkeit gegründete Hoffnung, durch sie die Längen zur See zu finden wesentlich bei ². Doch wurden schon damals, im 16ten Jahrhundert, die Compassen nicht blofs nach *Strichen* oder *Rhums* sondern nach Graden und halben Graden eingetheilt, und Dioptern versehen; auch beobachtete man, gröfserer Genauigkeit wegen, zugleich mit mehreren Compassen ³. Mehrere Nationen machen Anspruch auf die Ehre, an dieser wichtigen Entdeckung etwas gethan oder verbessert zu haben. Die Italiener rühmen sich der Erfindung, die Engländer haben die schwebende Aufhängung des Seecompasses angegeben, von den Holländern kommen die bequemen Namen der Weltgegenden der Windrose her, und Franzosen wollen wenigstens die Namen, welche man dem Nordstriche beisetzt, gegeben haben.

¹ Hydrographie 2de Ed. p. 399.

² S. *Abweichung*.

³ Siehe die Bemerkungen in dem Routier aux Indes Orientales des Portugiesischen Piloten ALEXIS DA MOTTA vom Jahr 1575, und der Reise des General BRAULIU nach Ostindien, im Jahr 1620, die sechs Compassen beobachtete. Thevenot, Relation de divers voyages curieux, qui n'ont point été publiés. Paris. 1672. fol. Vol. II.

Einrichtung des Compasses.

Je nach den verschiedenen Anwendungen ist die äußere Einrichtung des Compasses verschiedenen Veränderungen unterworfen. Man unterscheidet nämlich den Schiffscompaß, den Azimuthalcompaß, den Compaß der Ingenieure, und denjenigen der Bergleute. Bei allen ist *die Nadel* in ihrer Mitte mit einem Hütchen versehen, welches auf der Spitze eines aufrechten Stiftes, den man zuweilen den Gnomon heisst, schwebt. Die innere Höhlung dieses Hütchens ist meist konoidisch, um eine allzustarke Excentricität der Nadel zu verhindern; und der Unterstützungspunct kommt ein wenig über der Ebene der Nadel zu liegen. Einzig die Chinesen bringen die Nadel, die freilich meistens nur in einem Stück Stahldraht besteht, oberhalb des Hütchens an. Das Hütchen selbst ist entweder von hartgeschlagenem Messing, oder von Achat. Die Erstern werden häufig von der Gnomonspitze zerkratzt, die Letztern stumpfen ihre Spitze allmählig selbst ab: es ist daher nöthig, von Zeit zu Zeit den einen oder andern Theil nachzubessern, wenn die Empfindlichkeit des Instruments sich nicht verringern soll. Wie beim Ingenieurcompaß beides vermieden werden könne, wird unten gezeigt werden.

Der gewöhnliche *Schiffscompaß*, *Steuercompaß*, *binnest-compas* ist in einem viereckigen hölzernen Kasten eingeschlossen, der oben mit einem Glasdeckel versehen ist. Wegen der starken Schwingungen des Schiffes, ist es nöthig, die Nadel mit einem cylindrischen Gehäuse von Kupfer zu umgeben, das nach Art der Cardanischen Lampe, zwischen zwei Ringen, aufgehängt ist. Der äussere Ring bewegt sich an den zwei, im Kasten befestigten Stiften, um die Axe AB; der innere, welcher den Compaß selbst umschliesst, um die winkelrechte Axe ED. Man hat auch sogenannte Sturmcompasse, bei welchen das cylindrische Gehäuse beträchtlich länger, und unten mit Blei beschwert ist, um langsamere Schwingungen zu machen. Bei allen Schiffscompassen ist die Nadel durch eine kreisförmige Papierscheibe bedeckt, welche die *Windrose* heisst. Damit diese nicht durch die Sonne, oder Feuchtigkeit sich krümme, wird sie auf ein Stück Russisches Marienglas geklebt, das auch von der untern Seite mit Papier

belegt wird. Diese Windrose trägt am äußersten Rande die gewöhnliche Theilung von 360 Graden; innerhalb dieser ab die durch fortgesetzte Halbierung des Kreisbogens entstandenen 32 Abtheilungen, oder Rhumben, Striche, deren jeder $11\frac{1}{4}$ Grad faßt, und die in der Anwendung oft auch noch halbiert werden. Sie werden durch bestimmte Zeichnungen und Benennungen unterschieden, welche aus den Namen der vier Hauptpunkte des Horizonts, Nord, Süd, Ost und West, zusammengesetzt werden. Dabei ist zu bemerken, daß man immer von den Endpunkten des Meridians, von Nord und Süd ausgehend, nach Osten und Westen hin zählt. So heißt der Rhumb, welcher zwischen Nord und Ost in der Mitte liegt (45° von Norden ab) Nordost (N. O.). Die Mitte zwischen diesem und Nord, ($22\frac{1}{2}^\circ$ von Nord) Nordnordost (N. N. O.); die folgende Halbierung ($11\frac{1}{4}^\circ$ von Nord) gibt Nord in Osten (N. i. O.); entsprechend heißt der Winkel zwischen Ost und Nordost ($67\frac{1}{2}^\circ$ v. Nord) Ostnordost (O. N. O.) und der folgende ($78\frac{3}{4}^\circ$ von Norden abstehend) Ost in Norden (O. i. N.). Werden halbe Striche berücksichtigt, fügt man, der angegebenen Bezeichnung nach, denjenigen Namen der vier Hauptgegenden bei, nach welchem jene hinweist. z. B. für den Rhumb von $50\frac{1}{8}^\circ$ sagt man Nordost zum Ost halb Nord. (N. O. z. O. $\frac{1}{2}$ N.); für $34^\circ\frac{3}{8}$ (O. z. N. $\frac{1}{2}$ N.); für $11\frac{1}{4}^\circ$ (N. $\frac{1}{2}$ O.). Dieser Anordnung gemäß zählt und benennt man auch die Striche von Norden nach Westen, und ebenso von Süden nach Osten und Westen. In dem Gehäuse des Compasses ist auf der Seite vom Centrum zum Vordertheil des Schiffs hin, auf weißem Grunde, ein verticaler schwarzer Strich angebracht; und mit diesem hat der Steuermann beständig den aufgegebenen Strich in Berührung zu halten. Man hat Compassen, an welchen der Boden des Gehäuses von Glas ist, die Windrose unterhalb aufgeklebt ist; der Compass hängt an der Decke der Cajüte des Capitains, und zeigt diesem, ob richtig gesteuert wird.

¹ Die unnöthige Einführung des Buchstabens O, oder Ou, West im Französischen, und der Gebrauch des nämlichen Buchstabens O für Ost im Deutschen, kann selbst bei Aufzeichnung meteorologischer Beobachtungen Undeutlichkeiten veranlassen. Es wäre zu wünschen, daß man sich über eine gleichartige Bezeichnung z. B. die Englische W. S. N. vereinigte.

Ungleich sorgfältiger ist der *Azimuthalcompaß* aus-^{Fig. 55.}
 55. Er steht auf einem Stativ mit drei Füßen; und ist
 falls zwischen zwei Ringen aufgehängt. Am obern Rande
 des kupfernen Gehäuses sind zwei Absehen V V' angebracht,
 welchen nach der Sonne visirt wird. Die Nadel trägt
 keine Windrose, sondern einen möglichst leichten versilberten
 von Messing, der in einzelne Grade eingetheilt ist. Seit-
 bei d ist ein Drücker angebracht, mit welchem der Beob-
 diesen Kreis feststellt, indem er den cylindrischen Strei-
 der unten bei c in einem Gelenke geht, an denselben an-
 56. kst; eine Methode, welche ganz dazu gemacht ist, durch
 Seitwärtsrutschen der nicht ganz leichten Nadel auf der
 Nadelspitze die Schärfe der letztern abzuschleifen.

Unschädlicher, und doch zureichend möchte folgende Con-
 struction seyn: A a ist der Gnomonstift, der bis nach a genau^{Fig. 56.}
 56. cylindrisch, und glatt polirt ist. Er ist von der messingenen
 Hülse F umgeben, die durch ihr Gewicht beständig auf dem
 Hebel DE ruht, welcher durch den Pflock C gegen tieferes
 Sinken geschützt ist. Der Rand der untern Oeffnung des Hüt-
 chens H ist kugelförmig abgeschliffen, nach einem Radius, des-
 sen Centrum im Berührungspunct mit der Gnomonspitze sich
 befinden würde. Von demselben Centrum ist auch die obere
 kugelförmige Fläche des Hütchens gebildet, so daß dieses auch
 bei den stärksten Schwankungen niemals an den concaven, nach
 dem nämlichen Radius, geformten Wölbungen der nahen Stücke
 A und B anstoßen kann. Das Stück B läßt sich mittelst
 einer Schraubenschraube m in dem Cylinder M feststellen, welcher
 durch in das durchbohrte Deckglas des Gehäuses festge-
 schraubt, oder besser noch, in einer oben über gehenden Quer-
 schraube solid befestigt ist. Will man nun die Nadel abstellen,
 so darf es nur eines kurzen Druckes am Hebel DE, des unter-
 des Zapfens Z angebracht ist, um mittelst der Hülse F
 das Hütchen H an die Schale von B festzudrücken. Die Grade ab-

Capt. KATER hat vorgeschlagen, statt des Fadens der einen
 einen cylindrischen Glasstreifen einzusetzen, von derjenigen
 Art, daß das Sonnenbild, auf der andern, als eine helle feine
 Linie sich entwerfe. Diese Diopter würde alsdann nur für Sonnen-
 richtungen taugen.

zulesen, möchte auch bei dieser Gattung von Compassen die von KATER vorgeschlagene Methode die beste seyn, indem man an der Oculardioptr einen um 45° geneigten Spiegel anbringt und durch ein convexes Ocular die erforderliche Deutlichkeit bewirkt. Auch hat es keine Schwierigkeit, seitwärts bei Nennen versilberten Kugelstreifen zu befestigen, durch dessen Mitte eine feine verticale Linie gezogen ist, und der, ohne den Gradbogen zu berühren, doch demselben so nahe gerückt ist, daß bei einiger Sorgfalt keine Parallaxe entstehen kann. Bei Sauswendig am Gehäuse ein Schieber angebracht, welcher den Hebel ED herabdrückt, um wenn der Compass nicht gebraucht wird, die Nadel von der Gnomonspitze abzuheben.

Der *Compass zum Aufnehmen*; (Boussole de penteur; *Military compass*) unterscheidet sich von dem vorigen dadurch, daß die Eintheilung nicht an der Nadel sondern am Gehäuse befestigt ist. Ein feiner Strich an beiden Enden der Nadel schneidet die Grade ab. Diese Einrichtung findet auch bei einigen Theodolithen statt, an welchen die Boussole meist unnützer Weise angebracht ist, und die Anwendung stählerner Schrauben und Zapfen unzulässig macht. Der Compass ist ebenfalls mit Dioptern, oder einem Fernrohr versehen; das Gehäuse ist niedrig; die freie Aufhängung weggelassen; nur das Stativ bleibt. Die Eintheilung geht hier ununterbrochen von Nord über Osten von 0° bis 360° fort. Eine besondere Verbesserung hat hier der Compass durch die von KATER vorgeschlagene Einrichtung erhalten, vermöge welcher der Beobachter das Object und die Eintheilung zugleich sieht, so daß er des Statives, so wie des Gehülfen entrathen kann.

Bei allen diesen Compassen wird wegen der stärkern Schütterung des Landtransportes die Nadel durch einen Hebel von der Spitze abgehalten, der, wenn man beobachten will, ausgelöst wird. Meistens fällt bei dieser Operation die Nadel mit einer Geschwindigkeit nieder, welche die Spitze abstumpft. Die innere Höhlung des Hütchens ist zur Vermeidung der

1 Statt des Spiegels und der Linse hat der Opticus SCHWABER ein rechtwinklichtes dreiseitiges Prisma angebracht, dessen eine Kathetenfläche convex geschliffen ist. S. Fig. 57.

tricität so enge, daß eine nachtheilige Seitenreibung an der Spitze kaum zu vermeiden ist. Schon lange ist daher der Compass als ein sehr unzuverlässiges Hülfsmittel zum Aufnehmen zu gehen, und manche Unregelmäßigkeit, die vielleicht von magnetischen Anziehungen, z. B. auf dem Schiffe von den nahen Eisenmassen ¹ herrührte, mit vieler Wahrscheinlichkeit dem Instrumente selbst zugeschrieben worden. Durch folgende Construction wird diesen Mängeln abgeholfen.

AB ist eine Dose von reinem Messing oder Kupfer, V und Fig. 58. sind die beiden Dioptern, die erstere mit einem gläsernen Prisma P versehen. Beide lassen sich zur bequemern Ein- Fig. 57. richtung niederklappen; die Oculardiopter V ist aufwärts ver- schiebbar, um das vergrößernde Prisma so zu stellen, daß man die Eintheilung auf dem getheilten Kreise deutlich sieht. In dem Boden der Dose ist der genau cylindrische, oben fein zugewinkelte stählerne Gnomon G eingeschraubt. An ihm gleitet die Fig. 59. silberne Hülse ohne Reibung oder Schlotterung auf und nieder. Sie ist oben konisch abgedreht, und hat noch einen horizontalen Ansatz, auf den das Hütchen H der Nadel genau sich aufpaßt. Der durch eine Schlitz in der Seitenwand der Dose hervorragende Hebel DE führt mittelst des Stiftes s die Fig. 60. Feder am Gnomon auf und nieder: eine starke silberne Feder drängt ihn beständig aufwärts, so daß die Nadel immer aus- schließt. Während der Beobachtung drückt man bei E den Hebel sanft niederwärts, wodurch das Hütchen mit der Spitze in Berührung kommt. Die inwendige Fläche des Hütchens ist aus glashartem Stahl, oder Achat, nur wenig concav, und auf das feinste polirt. Eine leise Bewegung des Fingers am Hebel bei E reicht hin, jeden Augenblick die Nadel in ihrem wahren Centrum aufzusetzen, wenn die Fläche des Hütchens auf der Spitze sich etwas verschoben haben sollte. Besonders vortheilhaft ist diese Einrichtung, um beim Beobachten die Nadel bald zur Ruhe zu bringen. Man darf nämlich nur in der Mitte einer Bewegung den Hebel loslassen, und dann sanft wieder nieder- rücken, um kleinere, bald aufhörende Schwingungen der Nadel zu erhalten. Ein kleiner Schieber bei B dient, theils um den Fig. 59 u. 60.

1 S. Ablenkung.

Hebel niederzuhalten, wenn man die Boussole auf eine fest hende Unterlage gesetzt hat, oder auch beim Transport derben beständig aufwärts zu drücken. Das übrige ist, wie den meisten Schmalkalder'schen Boussoles. Die Visirlinie det mit der Richtung des Hebels einen rechten Winkel, und Prisma befindet sich links vom Hebel, so daß sein Ende E der rechten Hand berührt werden kann.

Die Gradeintheilung ist nicht gezeichnet, sondern derdruck einer auf der Theilmaschine eingetheilten Kupferplatte nicht zur Bequemlichkeit des Künstlers, sondern, weil Striche feiner und gleicher werden. Der Abdruck ist auf einem sogenannten Bristol-Papier gemacht, das vorher glänzend, d. h. mit stark gummirtem glänzendem Kreidegrund überzogen wurde, so daß es beim Abdrucken nicht befeuchtet werden muß, also auch, wie die Versuche gezeigt haben, nachher im Mindesten sich verzieht. Die (verkehrt gezeichneten) Zahlen auf dem getheilten Kreise gehen von der Linken zur Rechten fort. Daß auch hier jeder Bestandtheil der messingenen Boussole sorgfältig an einer empfindlichen Compassnadel geprüft werden müsse, ist wohl kaum nöthig, zu erinnern.

Ein solcher Compass, nur von drei Zollen Durchmesser giebt einen Winkel bis auf etwa 5 bis 10 Minuten an. Für Bestimmung der magnetischen Abweichung dürften die Dimensionen wohl aufs Doppelte getrieben, und wenn man will, an der Dioptern ein Fernrohr angewendet werden. Dann aber muß man das Instrument auf ein Stativ setzen. Auch nem Beobachter zur See sollte diese vergrößerte Boussole des gewöhnlichen Azimuthalcompasses gute Dienste leisten, dem er mit derselben diejenige Stelle auf dem Schiff aufsuchen könnte, welche den Störungen des Schiffeisens am wenigsten ausgesetzt wäre. Nach Capt. CLAVERINGS Versuchen auf dem Schiffe Griper² hat zwar ein Compass, im Mastkorbe aufgestellt, noch Fehler, die bis auf 18 Grade gingen; allein es möge

¹ Begreiflich muß für diesen Zweck die Höhlung des Hütchens nicht so flach seyn, wie für den Gebrauch auf dem Lande; doch immer bedeutend weniger concav, als bei den bisherigen Boussoles.

² Vergl. *Ablenkung*.

keine Stelle in mittlerer Höhe, z. B. in den Wandtauen, von den Anziehungen noch entfernter seyn.

Um die Ingenieur - Boussole zum *Repetiren* einzurichten, so es nur einer beweglichen Diopter, welche zwischen einem magnetischen Nord befindlichen Gegenstand, und dem, dessen magnetisches Azimuth man bestimmen will, hingedreht wird. Man bringt zu diesem Ende eine zweite feste Diopter unterwärts an der Dose an, welche um ein sich dreht, und mit der obern Diopter übereingestellt werden kann; oder man macht diese obere Diopter selbst beweglich, indem man auf dem über dem Deckglase eingestrichelten einen durchbrochenen Steg befestigt, und in dessen Mitte die Centrubewegung anbringt. Man richtet nun den Compass und seine Dioptern so, daß er genau auf Null zeigt, wenn er nach dem magnetischen Nord gerichtet sind, und beobachtet sich einen kenntlichen Gegenstand in dieser Richtung, wenn man in Ermangelung desselben, einen weißen Stab in einiger Entfernung daselbst auf. Nun dreht man die Boussole, mit unverrückter Diopter, nach der rechten Seite, bis man den zu bestimmenden Gegenstand in der beweglichen Diopter erblickt. Sobald man den Faden auf das Null eingestellt hat, führt man bei unverrückter Boussole die bewegliche Diopter auf die Marke zur Linken im Norden zurück. Mit diesen Wechselbewegungen wird nach Belieben fortgefahren, wobei man nur im Sinne behalten muß, daß bei der Bewegung zur Rechten die ganze Boussole, und wenn man links zurück, nur die bewegliche Diopter allein, bewegt werden müsse. Bei der letzten Beobachtung rechts, liest man durchs Prisma, bei der gewöhnlichen Boussole durch eine bei der Ocularlinse angebrachte Loupe die Grade und Zehntelgrade der Einlesung ab, und dividirt sie durch die Zahl der auf den Gegenstand gemachten Beobachtungen. Da man die Stellung der Nadel nur bei der ersten und letzten Beobachtung in Betracht nehmen hat, so geht die Operation sehr schnell von statten. Daß hierbei das Instrument auf einem Stativ sich bewegen müsse, bedarf keiner Erinnerung. Diese Boussole eignet sich vorzüglich zur Bestimmung der magnetischen Abweichung und des magnetischen Azimuths, indem man entweder auf einen Gegenstand, dessen astronomisches Azimuth man auf andern Wege aus-

gemittelt hat, oder auch wohl mit Zuziehung der wahren das magnetische Azimuth der Sonne selbst beobachtet. Man (nach KATERS Vorschlage) statt des Prismas eine Loupe mit geneigtem Spiegel an, so läßt sich auch eine Art Fernrohr mit diesem Apparat verbinden.

Der Compass der Bergleute, der *Markscheidercompass* unterscheidet sich, von dem bisher angeführten, einzig dadurch, daß er nicht in Striche oder Grade, sondern *Stunden* eingetheilt ist; man zählt nämlich von Norden nach Süden zwölf Stunden, und eben diese Eintheilung von Süden nach Norden zurück; nur in Ungarn soll man DELIUS¹ bis vier und zwanzig zählen, so daß dort 13, 14 u. s. w. zu stehen kommt, wo wir 1, 2 u. s. w. setzen. Jede Stunde wird noch in acht Theile getheilt, von denen man Dritttheile zu schätzen sucht. Eine Stunde beträgt mithin 3 Grade, und jeder Theil $1^{\circ} 52',5$. Die Schweden theilen die Grubencompasse in gewöhnliche Grade ein, die sie von den Endpunkten des Meridians nach Ost und West bis auf 90° zählen; ähnlich dem Schiffscompass².

Weil die Abweichung der Magnetnadel in vielen Gegenden der Erde noch nicht genau bestimmt ist, ihre Kraft in einigen nördlichen Regionen fast verschwindet und dann auch ROW'S Platte ihre Wirkung versagt, so hat man neuerdings einen Compass erfunden, bei welchen die Richtung der Magnetnadel durch unveränderliche Erscheinungen am Himmel controlirt wird, und einen solchen 1824 der Nordpolexpedition zur Probe mitgegeben. GEORGE GRAYDON, der Erfinder desselben, nennt ihn *Celestial Compass, adapted for ascertaining the Deviation of Magnetic Needle, by simple Inspection, in any Part of the World; for finding the Latitude when the Horizon is obscured; and for steering Ships without Magnetic Aid*³. Die allerdings etwas complicirte Construction dieses interessanten Apparates ist folgende: AB ist ein Zifferblatt, auf dem eine hohle metallene Halbkugel C geschoben, welche auf zwei

¹ Casp. Trg. Delius Anleitung zur Bergbaukunst. Wien, 1806.

² S. Lempe's Markscheidekunst. 1782. 8. pag. 94.

³ Phil. Mag. LXV. p. 358. Es wird hier angegeben, daß die Compasse bei Warre and Brothers, 13, Austin Friars zu haben sind.

a c, c in dem metallenen Ringe DD ruhet. Letzterer ist
 falls auf den Axen d, d beweglich, welche durch die Trä-
 ger E getragen werden, deren Füße auf der metallenen
 Platte FG festgeschraubt sind, und diese ist wieder um eine
 im Mittelpunkte des Standbrettes HI beweglich. Die be-
 zeichnete Platte FG zeigt die Cardinalpunkte, und ist außerdem
 ihrem Rande in Grade getheilt, auch bei I mit einem auf
 dem Standbrette festsitzenden Nonius versehen. An den Zapfen
 c hängt mittelst zweier gespaltener Arme, deren einer
 bewegbar ist, die schwere Metallplatte KL beträchtlich unter
 dem Schwerpunkte des halbkugelförmigen Gefäßes C, so daß
 C, und namentlich das Zifferblatt desselben, stets in hori-
 zontaler Lage erhalten wird. Auf diese Platte ist der Arm K
 mit einer Schraube aufgeschraubt, mit einem Nonius k an seinem oberen
 Ende, mittelst dessen sich Theile der Grade des getheilten
 Zifferblattes g h an dem Gefäße C ablesen lassen, wenn dasselbe
 mittelst der Mikrometerschraube n, welche in eine Schrau-
 bung eingreift, in die Höhe geschoben wird. In einem
 Winkel, an der unteren Fläche der Platte KL, befinden sich
 Planspiegel mm, welche einen ausspringenden Winkel mit
 einander bilden, und dazu dienen, um das Instrument horizon-
 tal zu stellen, indem die Bilder von zwei im Horizonte befind-
 lichen Gegenständen durch die Reflection in eine horizontale
 Linie fallen, oder in eine mit den Rändern der Spiegel parallele Linie
 kommen müssen; die horizontale Lage der Platte KL wird aber
 durch das Anziehen oder Lösen der Schrauben an den Axen
 d, auf welchen das halbkugelförmige Gefäß in Ringe D
 beweglich ist. Letzteres hat außerdem ein Gegengewicht im
 Innern, vermöge dessen der Schwerpunkt desselben sehr nahe
 dem Mittelpunkte der Kugel fällt, wovon es einen Theil aus-
 macht, und wird außerdem durch die Kugel Z so balancirt,
 daß keine Bewegung um die Zapfen c c seinen Schwerpunkt
 merklich verrückt.

Will man mit diesem Compass die Abweichung der Ma-
 gnetnadel finden, so läßt man das gerade Sonnenlicht entweder
 durch die Kreuzfäden oder durch eine Linse im Brettchen O ge-
 hen, auf eine mit einem Kreuze versehene elfenbeinerne Fläche P fal-
 len, und indem der Schatten der Kreuzfäden oder der Brenn-
 punkt der Linse auf den Durchschnittspunkt der beiden Linien

auf der elfenbeinernen Fläche P fallen muß, so wird die Richtung hierdurch angegeben. Das Zifferblatt auf C ist nämlich 24 Stunden oder 360 Grade getheilt und mit einem Stunden- oder Index-Arme E versehen, dessen eines Ende als Nonius getheilt ist, um die Grade auf dem Zifferblatte abzulesen. Centro des Zifferblattes ruhet der Rahmen P auf einer Säule, n trägt die elfenbeinerne Platte q mit Kreuzschnitten oder Kreuzfäden, am Ende auf dem Index-Arme E aber ist die Stange errichtet, in welcher die Stange s verschiebbar ist, welche erwähnten Rahmen O trägt, und nach den Tangenten der Winkel getheilt ist, welche der Durchschnittspunct der Fäden Rahmen O bei seiner Erhebung oder Herabdrückung mit Intersectionspuncte der Kreuzfäden auf der Scheibe q bildet, deren feinerer Ablesung ein Nonius auf der Außenseite der Scheibe o bei v und die Mikrometerschraube t dient. Für die Sanftheit dieser Bewegung ist durch eine Klemmschraube gesorgt. Wenn man sich das Instrument auf dem Schiffe so festgeschroben, daß die Linie IH mit dem Kiele des Schiffes parallel läuft, und wird dann der Bogen gh so weit erhoben, daß seine Grade-Polhöhe gleich sind, so liegt die Fläche des Zifferblattes in Ebene des Aequators. Man stellt dann den Index-Arm auf wahre Sonnenzeit, erhebt den Stab s zur Tangente der Sonnenhöhe für diese Zeit, und drehet die Platte FG so lange, bis der Schatten der Kreuzfäden von O aus den Durchschnittspunct der Kreuzfäden in p fällt; so ist die Linie FG und der Zeiger im astronomischen Meridian, und die Magnetnadel zeigt die Abweichung so wie der Nonius bei I die Richtung des Schiffes.

Man kann ferner den Index-Arm E mit einem Uhrwerke versehen, welches denselben in 24 Stunden einmal um seine Axe drehet, und wenn dann der Nonius I auf diejenigen Grade gestellt wird, welche der Richtung des Schiffes correspondiren, so darf der Steuermann das Schiff nur so richten, daß der Schatten der Kreuzfäden auf den Durchschnittspunct der Linien q fällt. Statt der elfenbeinernen Platte kann in diesem Falle auch eine matte Glasscheibe genommen werden, wenn der Steuermann hinter derselben das Bild sehen will. Dieser Gebrauch des Instrumentes ist vorzüglich in den nördlichen Gegenden zu empfehlen, wo die Sonne nicht untergeht. Daß man bei genauer Kenntniß der Abweichung der Magnetnadel mittelst

Instrumentes die Polhöhe und auch die wahre Zeit finden
ergibt sich von selbst.

In allen genauern Compassen, namentlich bei denen, die
Messung der magnetischen Abweichungen bestimmt sind, ist
nützlich, sich zu überzeugen, ob die magnetische Axe der
mit der, durch ihre Mitte gezogenen, Linie (ihrer geo-
metrischen Axe) zusammenfalle. Dieses erfährt man dadurch,
man die Nadel so umkehrt, daß ihre obere Fläche nach
oben liegen kommt. Ist die Richtung ihrer Kanten, oder die-
jenigen auf ihr gezogenen Längenstriche in beiden Lagen die
selbe, so hat die Nadel keinen Collimationsfehler. Wäre
nicht der Fall, so müssen entweder jene Striche geändert,
oder die Angaben des Compasses um den halben Unterschied
in den Richtungen verbessert werden. Ist die Boussole zum
Norden eingerichtet, so suche man das Vielfache eines magne-
tischen Azimuths in beiderlei Lagen der Nadel; die Differenz
der Angaben giebt das Vielfache des Collimationsfehlers,
welches selbst mit großer Genauigkeit. Wo diese Ein-
richtung fehlt, kann nach GERLING¹ folgendes Verfahren ange-
wendet werden: Man legt den Compass auf ein Brettchen, das
fest stehen versehen ist, und in horizontaler Richtung umge-
wandelt werden kann, giebt ihm die Lage, daß die Nadel auf den
Punct der Theilung weist, und bemerkt durch die Diopter
den magnetischen Gegenstand. Dreht man nun das Brettchen
um ein Object zur Rechten, so giebt die Magnetnadel desselben
magnetischen Azimuth an. Die Diopter des Brettchens wird so-
fort wieder auf den ersten Gegenstand zurückgeführt, die
Nadel selbst aber so viel links gedreht, daß die Nadel auf
eine abgelesene Stelle der Theilung weise. Bewegt man
das Brettchen auf den zweiten Gegenstand, so zeigt die Nadel
den selben Winkel. Indem man auf diese Weise in der er-
sten Linie die Nadel immer auf den zuvor abgelesenen Punct
der Theilung einstellt, erhält man das Vielfache des magne-
tischen Azimuths mit ziemlicher Genauigkeit, und durch die
Vergleichung mit der umgewendeten Nadel auch das Vielfache

¹ In den Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesamm-
ten Wissenschaften zu Marburg. 1823. 8. I. pag. 17.

des Collimationsfehlers. Am besten ist es, wenn der Künstler selbst die Berichtigung übernimmt, welche er durch Prüfung seiner Compasse nach einem Gegenstand, dessen magnetisches Azimuth er genau bestimmt hat, mit Berücksichtigung stündlichen Aenderungen der Abweichung leicht bewerkstelligen kann.

Noch haben wir von den Compassnadeln selbst, ihrer Gestalt und Härting zu sprechen. Der Mangel an stimmten und genauen Versuchen hatte früher, und selbst in den neuesten Zeiten sehr verschiedene Gestalten hervorbracht, und beinahe scheint es, als wenn eine der ältesten, die man heut zu Tage den Uebrigen vorgezogen werden sollte, die nämlich zwei Stücke Stahldraht in der Mitte unter einem stumpfen Winkel gebogen, während dem ihre Enden vereint einen spitzen Winkel bildeten, und die Form eines Rhombus darstellten; welche, wie wir sogleich sehen werden, verschiedene Vorzüge zu haben scheint¹. Späterhin verfiel man die Idee, die Nadeln an ihren Enden schwer und dick, nach der Mitte hin abnehmend zu machen; eine Gestalt, die in den neuesten Zeiten abermals empfohlen ist². Da die Verfertigung künstlicher Magnete besonders verdiente KNIGHT führte hierauf die einfache Gestalt flacher Parallelen von geringer Breite und Dicke ein, welche sich auch noch als sehr brauchbar bewähren. Einige haben es vorgezogen, die Nadel in die hohe Kante zu legen, vielleicht in der Meinung, durch eine grössere Seitenfläche die Richtungskraft der Nadel zu vermehren, oder auch um die magnetische Achse derselben der geometrischen näher zu bringen. So schwankt noch bis jetzt zwischen entgegengesetzten Einrichtungen und her, indem die einen durch die Leichtigkeit der Nadel die Reibung zu vermindern, die andern durch die Schwere derselben das magnetische Moment zu verstärken glauben. Diejenigen Grundsätze, die wir über die Gestalt und Härting der Compassnadeln besitzen, verdanken wir COULOMB, der mit

¹ Schon Fournier i. J. 1679 empfiehlt diese Form einer in der Mitte durchbrochenen Rauten, an der die beiden stumpfwinklichten Enden durch einen messingenen Steg verbunden sind.

² Phil. Trans. 1819. p. 96.

der Drehwage ¹ viele und zweckmäßige Versuche hierüber stellte. Es ergibt sich aus denselben:

1. Wenn die Nadeln, die vierzig bis funfzigfache Länge des Durchmessers haben, so nehmen die Momente der dirigirenden Kraft im Verhältniß des Wachstums der Längen zu. Sind sie *unter* der angegebenen Länge, so verhalten sich die dirigirenden Momente nahe, wie die Quadrate der Längen.

2. In zwei Nadeln von einerlei Natur, deren Dimensionen homolog sind, verhalten sich die dirigirenden Momente, wie die Quadrate der homologen Dimensionen. So sind z. B. die Dimensionen einer Nadel von 1 Linie Durchmesser bei 6 Zoll Länge, und einer andern von 2 Linien Durchmesser und 12 Zoll Länge im Verhältniß von 1 : 2; ihre magnetischen Momente aber sind 1 : 8.

3. In einem Parallelogramm von gleicher Länge und Dicke, aber doppelt so großer Breite ist das magnetische Moment doppelt so groß.

4. Ein rautenförmig geschnittenes Stahlblech hatte ein größeres magnetisches Moment, als ein Reclangel von gleichem Gewicht, Länge und Dicke.

Diese Sätze erleiden jedoch eine besondere Modification, nämlich die *Reibung*, welche bei den Compassnadeln an der Spitze des Gnomons statt findet. Auch hierüber hat COULOMB Versuche angestellt. Er fand, daß bei sehr scharfen Spitzen und einem wohlpolirtem Hütchen die Reibung so ziemlich der $\frac{2}{3}$ des Gewichts ² proportional war; daß sie aber bei gewöhnlichen, mehr oder weniger abgestumpften Spitzen im umgekehrten Verhältniß der Beschwerung zunahm. Es ist also nach ¹ vortheilhaft, die Nadel nicht breiter, als etwa $\frac{1}{30}$ oder $\frac{1}{40}$ ihrer Länge zu machen z. B. 1 Linie auf 3 Zolle. Immer wird unter übrigens gleichen Umständen, eine längere Nadel ein größeres magnetisches Moment haben, besonders wenn

¹ Vergl. *Drehwage*.

² Coulomb schreibt (nach Biot *Précis. de Phys.* II. p. 75.) $\frac{2}{3}$ Po-
und das gäbe für doppelten Druck eine dreifache; für dreifachen
eine fünffache Reibung, statt daß sie im erstern Fall um die
Hälfte, im zweiten etwa um ein Theil zunimmt. Eine ähnliche Umkehr-
des Ausdrucks rügt auch Ides. (*System der Mechanik* I. p. 294.)

man damit die oben beschriebene feinere Einstellung der Nadel verbindet, und die Länge nicht so groß wird, daß sich mehrere Pole in der Nadel bilden. Nur bei so harten und feinen Gnomonspitzen, und flachen, wohlpolirten, harten Hütchen, wie dort vorausgesetzt werden, läßt sich durch allgemeine Vergrößerung der Nadel etwas gewinnen, indem, nach Nr. 2. die magnetischen Momente gleichförmig gestalteter Nadeln mit der Schwere gleichen Schritt halten.

Daß dicke Nadeln weniger vortheilhaft sind, zeigt sich auf folgende Weise. „Wenn man, sagt er, auf eine dicke Nadel eine zweite von der nämlichen Gestalt und Größe auflegt, so wird die Schwere, mithin (bei Compassen von der wöhnlichen Einrichtung) auch die Reibung verdoppelt; aber die Richtungskraft der zusammengesetzten Nadel nimmt nicht eben dem Maße zu, indem Theorie und Erfahrung zeigen, daß durch die Gegenwirkung gleichnamiger Pole ein Theil des freien Magnetismus zerstört wird.“ Schwerlich wird eine einzige dicke Nadel so viel magnetische Kraft in sich aufnehmen als zwei vereinte Nadeln von halber Dicke. Es ist also vortheilhafter bei Boussolen, Nadeln von geringer Dicke anzuwenden. Jene störende Gegenwirkung wird jedoch geringer, wenn die Nadeln um einige Linien von einander entfernt, und die vereinte Kraft ist in diesem Fall der Summe ihrer einzelnen dirigirenden Kräfte nahe gleich; und so könnte diese Verbindung zweier dünner Nadeln allerdings einige Vorthelle gewähren. Ganz neulich hat PULLMANN in Woolwich einen Compass mit drei parallelen Nadeln angegeben. Solche parallele Nadeln sind schon früher in Dänemark versucht worden, zur Vermeidung als man befürchtete, das Durchbohren der Nadel möchte den Magnetismus schwächen. Die Bemerkung in Nr. 4. spricht ziemlich entscheidend für die rautenförmige Gestalt der Nadeln. Eben berührte Reaction nahe liegender, gleichnamiger Magnetismen scheint diese Meinung zu unterstützen. Der Träger eines Hufeisenmagnet trägt eben so gut, wenn er nur mit einer scharfen Kante, als wenn er mit der ganzen Fläche des Magnet berührt. Eben dieser gegenseitigen Abstofsung wegen läßt man auch die Enden der aus Stäben zusammengesetzten

metbündel treppenweise abnehmen, und nur einen einzigen hervorragen.

Ueber die *Härtung* der Nadeln ist man noch mehr Dunkeln, als über ihre Gestalt. MUSCHENBROEK entschied in seinen Versuchen für die Federhärte, welche beim Anlassen des Stahls sich durch die blaue Farbe ankündigt. Die französischen Physiker verwarfen diese ganz, und behaupteten, der harte, unangelaßene Stahl nehme den meisten Magnetismus und viele englische Künstler scheinen ebenfalls dieser Meinung zu seyn. Die Wahrheit scheint auch hier in der Mitte zu liegen. COULOMB fand, 1. daß bei Stahlblechen der Zustand der besten Härte derjenige sey, in welchem sie den Magnetismus am wenigsten annehmen; 2. daß dieser Grad des Magnetismus beinahe einerlei sey mit dem, wenn die Nadel bis zur gelben Farbe angelaßt ist. 3. daß von dem Zustand der besten Härte der Magnetismus der Bleche zunimmt in allen Graden des Anlassens, bis zum ganz dunkeln Roth. Nachher nimmt der Magnetismus hernach wieder ab, je größer die Hitze ist, bei der der Stahl angelaßt wird. Mit diesem stimmt die Beobachtung eines in diesem Fache wohlberathenen Physikers entscheidend überein¹. HANSTÉEN ließ vollkommen gleiche Stahlcylinder, von $3\frac{1}{2}$ Zoll Länge, und gleiche Dicke mit einander härten, und den einen bis zur strohgelben Farbe anlaufen. Ihre magnetische Kraft prüfte er durch die Zahl von Secunden, in welcher jeder 100 Schwingungen vollendete. Es fand sich, daß der harte Cylinder zu 100 Schwingungen 345, der gelbe nur 289 Secunden gebrauchte; die Intensität des erstern verhält sich also zu der des letztern, wie 345 zu 289, oder beinahe wie 1 zu $1\frac{1}{2}$. Vier andere Cylinder, die nach dem Härten in Leinöl gekocht wurden, vollendeten 100 Schwingungen in 250 Secunden; und zwar hatte das Kochen keinen sichtbaren Einfluß auf ihre Empfindlichkeit für den Magnetismus, indem der eine nur 5, die andern 10, 15 und 20 Minuten lang gekocht wurden. Als sie, mit Oelfarbe bestrichen, bis zum Weißglühen erhitzt, und in einer mit Salmiakauflösung von $+7^{\circ}$ R. Wärme ab-

Poggendorfs Annalen, III. 236.

gekühlt wurden, brachten sie es (auch bis zur Sättigung magnetisirt) doch nicht unter 308 Secunden. Würden sie nach dem Glühen erst in geschmolzenem Blei, und nachher in Wasser von $+10^{\circ}$ R. Wärme abgelöscht, so stieg jene Zahl bis 376, und nach 8 Tagen auf 412 Secunden, woraus erhellet, daß sie zu wenig Härte besaßen, um einen dauerhaften Magnetismus anzunehmen; die Intensität war im letztern Fall beinahe drey mal geringer, als bei der Ablöschung in kochendem Leinöl. Zugleich ergiebt sich aus diesen, und einigen spätern Versuchen, daß Nadeln, die nicht aufs strengste gehärtet sind, ihre Kraft allmählig verlieren, indem z. B. jene vier Nadeln binnen Jahresfrist ihre Schwingungszeit von 250 Secunden auf 200, also ihre Intensität um $\frac{1}{5}$ veränderten. Es wäre jedoch, wie HANSTEEN bemerkt, wohl möglich, daß diese Abnahme allmählig einer bestimmten Gränze näherte.

Aus dem Bisherigen ergeben sich für die vortheilhafte Construction der Compassnadeln folgende Erfahrungssätze:

1. Die Breite der Nadel muß etwa $\frac{1}{16}$ ihrer Länge betragen.
2. Ihre Dicke mag etwa $\frac{1}{4}$ ihrer Breite halft.
3. Sie soll nach den Enden spitz auslaufen.
4. sie vollkommen gehärtet, und bis zur strohgelben Farbe anzulassen, oder besser noch, aus der Weißglühhitze in siedendem Leinöl abgelöscht werden. Einige Künstler begnügen sich, die Nadel glashart zu machen, und sie dann in der Mitte, weil des Hütchens wegen gemeiniglich etwas breiter ist, bis zur blauen Farbe anzulassen. Die beste Art, die Nadel zu magnetisiren, wird im Art. *Magnet* mitgetheilt werden. Nicht vergessen ist, daß in Folge der magnetischen Neigung auf der Nordhälfte der Erdkugel das Nordende, auf der südlichen die Südende schwerer ist. Man muß daher jede Nadel mit einem kleinen messingenen Laufgewichte beschweren, das längs derselben verschoben werden kann. Bei Compassen, die keine bedeutende Ortsveränderung erfahren, genügt es, durch ein Paar Tropfen Siegelack das Gleichgewicht herzustellen.

Vor einigen Jahren wurde viel Aufhebens von einer angelichen Methode gemacht, die Magnetnadel gegen die Einflüsse eisenhaltiger Gebirgsmassen, oder auch des Eisenwerkes in den Schiffen zu verwahren. Ein Venetianischer Ingenieur, SCARLETTA, glaubte im J. 1815 dieses durch eine runde Dose von

weichem Eisen bewerkstelligt zu haben, in welches er die Magnetnadel einschloß. Er theilte seine Erfindung dem Nationalinstitut in Mailand mit, welches dieselbe durch drei Astronomen der Sternwarte prüfen liefs. Sie gebrauchten hierzu einen starken Magnet, der sein sechszehnfaches Gewicht trug: er lag die Dose an, aber nicht die Nadel. Dafs das weiche Eisen, ein Conductor der magnetischen Flüssigkeit, eine magnetische Localwirkung zerstreuen könne, indem es sie auf seiner Oberfläche verbreitet, leidet keinen Zweifel. Aber immer werden auch verschiedene Intensitäten und Polaritäten zeigen, und selbst im gewöhnlichen Zustande, ohne Einwirkung eines Magnetes, wird durch die Wirkung des Erdmagnetismus¹ die nach Norden gekehrte Seite dieser eisernen Dose einen nördlichen, die südliche einen südlichen Magnetismus erhalten, so dafs, auch angenommen, dafs in der Masse, Form und Reinheit der eisernen Dose, keine Ungleichheit vorkommt, dennoch wenigstens die Intensität der Nadel durch diese Einrichtung geschwächt werden müßte. Wirklich haben Versuche, welche zu München in der Werkstätte von Utzschneider, und zu Copenhagen mit solchen Dosen gemacht wurden, keine genügende Resultate gegeben. Aehnliche Urtheile sind auch seither über die sogenannten *Insulating compasses* des englischen Künstlers JENNINGS ergangen². H.

Compensation.

Ein Wort, das in den meisten Europäischen Sprachen auftritt, und eine Vorrichtung bezeichnet, durch welche die Ausdehnungen, die alle Körper durch die Wärme erfahren, entgegenwirkt. Einige Schriftsteller nennen auch in der Optik *achromatische Compensation*, die Weghebung der Farben des Crownlasses durch das Flintglas. Eigentlich aber gehört dieser Gegenstand der in den neuern Zeiten so sehr vervollkommenen Uhrmacherkunst an, und bezeichnet in derselben eine am Uhr-Pendel, und eben so an der Nabe der Taschenuhren angebrachte Vorrichtung, um die durch die Wirkung der Ausdehnung gestörte Gleichheit der

¹ S. Ablenkung.

² Vergl. v. Zach's Corresp. Astron. II. 530. III. 177.

Dauer der Schwingungen (*den Isochronismus*) wieder herzustellen.

Theorie und Erfahrung lehren, daß ein Pendel desto langsamer schwingt, je länger es ist, und umgekehrt¹. Durch die Wärme wird die Pendelstange, von welcher Substanz sie auch seyn mag, verlängert, und die Uhr geht langsamer. Denn wenn jede Schwingung auch nur um 0,001 einer Secunde länger dauerte, als vorher, so wird die Uhr doch in 24 Stunden um nahe $1\frac{1}{2}$ Minuten zurückbleiben. Ein Hunderttheil einer Pariser Linie, Aenderung der Pendellänge, entspricht sehr nahe einer Secunde Aenderung des Ganges, und da das Eisen bei 10° Réaumur um $\frac{0,00117}{8}$ = 0,000146 sich ausdehnt, so wird

eine Pendelstange von 440,5 Lin. für eben diese Erwärmung um 0,064 Linien sich verlängern, so daß diese Uhr in 24 Stunden etwa $6\frac{1}{2}$ Secunden verliert: ist die Pendelstange von Messing, so wird die Verspätung $\frac{1}{2}$ mehr, oder $10\frac{1}{2}$ Secunden betragen. Da wegen der ungleichen Ausdehnung der Instrumente Zitterungen der Luft, Erzeugung von Wasserdunst etc., Sternwarten nicht geheizt werden dürfen, so sind gerade diejenigen Uhren, bei welchen es auf gleichförmigen Gang am meisten ankommt, diesem Wechsel der Temperatur, der in kalten Klimaten vom Sommer zum Winter leicht 40 bis 50 Grade tragen kann, mehr ausgesetzt, als die in Wohnzimmern stehenden gewöhnlichen Uhren. Es war also ein unausweichliches Bedürfnis der neuern praktischen Astronomie, ein Mittel zu finden, wie man dieser Verlängerung der Pendelstange entgegenwirken, und das Centrum der Linse immer in einerlei Entfernung vom Aufhängepunkt erhalten könne.

Der Erste, der mit diesem Gegenstande sich beschäftigte, war der Uhrmacher GRAHAM, im Jahr 1715²; er hatte die glückliche Idee, nicht etwa einen Körper von geringer oder keiner Ausdehnung zu suchen, sondern vielmehr die Ausdehnung des Eisens durch die noch stärkere eines andern Metalls

¹ Vergl. *Pendel*.

² The philos. transact. abridged by M. Reid and John Gray. Vol. VI. part. I. p. 277.

wirksam zu machen, und so durch Entgegensetzung zweier Fehler das Richtige zu erreichen; ein Verfahren, das, wo es immer anzuwenden ist, in praktischen Dingen die besten Resultate leistet, weil es uns leichter wird, Fehler durch Fehler aufzuheben, als etwas an sich Vollkommenes zuwege zu bringen. Es ist merkwürdig, daß seine Methode der Compensation sich einer Vernachlässigung von etwa 100 Jahren gerade jetzt hervorgezogen, und mit gutem Erfolge benutzt worden ist. GRAHAM ging von der Idee aus, die 20 Jahre später den seine Verbesserungen der Chronometer berühmten HARRISON auf das Rostpendel brachte; nämlich durch ein Metall mit stärkerer Ausdehnung die Verlängerung der eisernen Pendelstange aufzuheben. Bei näherer Untersuchung ergab sich ein so geringer Unterschied der Ausdehnung bei den verschiedenen Metallen, daß er die Sache als unthunlich aufgab. Ein Nivellirinstrument, das bei ihm im Jahre 1721 bestellt war, veranlaßte ihn unter andern, das Quecksilber für diesen Zweck zu probiren; und obwohl es sich dazu ganz untauglich erwies, so fiel ihm dabei die an einer so dichten Flüssigkeit zu erwartende große Ausdehnung durch die Wärme auf, und er hatte auch sogleich in ihm die Idee, sie für das Pendel zu benutzen. Beim ersten Versuche war die Quecksilbersäule zu kurz, im zweiten zu kurz, und erst im Juni 1722 erhielt er einen Glaszylinder von passender Länge, der den Gang seiner Uhr, die er durch ein Passageninstrument prüfte, so verbesserte, daß ihre Abweichung nur den sechsten oder achten Theil der Fehln einer an der nämlichen Wand aufgehängten, gut gearbeiteten Uhr betrug. Im Juli 1723 versah er das Pendel einer andern Uhr mit einem inwendig gefirniften Cylinder aus Messing, vermuthlich um durch einen metallischen Wärmer die Mittheilung der Temperatur an das Quecksilber zu beschleunigen.

Noch ehe GRAHAM seine Erfindung öffentlich bekannt gemacht hatte, versuchte seinerseits HARRISON, wohl ohne von ihm Vorschlägen etwas zu wissen, durch Zusammensetzung von Messing und Stahlstangen eine genügende Compensation zu bewirken. Sein Apparat heißt das *Rostpendel*, (Engl. *Iron Pendulum*) und ist seither fast allgemein bei guten Uhren angebracht worden. Nachdem im Jahr 1754

durch SMEDON'S Versuche die bedeutende Ausdehnung bekannt geworden war, verliessen die englischen Ki den zwei letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhun mühsame Construction des Rostes aus Messingstäben, un ten mit Hülfe des Zinks eine weit einfachere und solid pensation zuwege, welche jedoch erst in der neuesten Z BREGUET in Frankreich bekannt geworden zu seyn sch

Im Jahre 1738 trat der durch genaue Versuche Ausdehnung der Metalle bekannte Uhrmacher JOHN mit einem Pendel auf ², an welchem er die Compensation zwei Stangen von Stahl und Messing bewerkstelligte, lative Verlängerung durch ein angebrachtes Hebelwerk se des Pendels höher hob. Ähnliche Vorrichtungen l CASSINI ², und giebt die Maasse für solche Hebelwerke hängten Demonstrationen. Merkwürdig ist, daß spi HAM selbst Uhren mit Rostpendeln nach HARRISON'S A tigte, an welchen die Stahl- und Messingdrähte verlän den konnten, um die Compensation zu berichtigen.

Inzwischen hatte HARRISON die tragbaren Uhren : rer Vollkommenheit gebracht ³, und bei diesen die C tion der Unruhe durch die Krümmung einer aus Stahl sing bestehenden Feder bewirkt. Diese Idee wurde in sten Zeit, von einem Pariser Künstler, MARTIN, ben durch Hebung zweier, zu beiden Seiten des Pendels a ten Kugeln die Erhöhung des gemeinschaftlichen Sch tes zu bewirken. Wir können dem Angeführten z Beschreibung der Compensationen auf vier verschied structionen bringen; nämlich 1. das Quecksilberpend Rostpendel, 3. das Pendel mit Hebelwerk, und 4. d mit thermometrischen Federn.

Fig.
62.

1. Das Quecksilberpendel

besteht aus einer eisernen Pendelstange ab von 2 bis Durchmesser, in welche von b bis s ein etwas feiner S gang geschnitten ist. Dieser wird durch das obere Stüc eisernen oder messingenen Rahmens f g o q gesteckt, d

¹ Philos. transact. Vol. 47. Years. 1751. und 1752. f

² Hist. de l'Acad. 1741.

³ Vergl. *Chronometer*.

raube durchgeht, eine kleine Verstärkung erhalten hat. Die Arme sind unten an einen messingenen Teller oder festgenietet, welcher inwendig etwas eingesenkt ist, um den Glaszylinder c c c c aufzunehmen. In diesen tritt oben ein kleiner, gefirnister Deckel h i ein, dessen breiter Rand i eingeschnitten ist, um dort den Rahmen zu umfassen. Durch den Deckel sowohl als der Glaszylinder eine Füllung erhält. Bei e befindet sich eine eingetheilte messingene Schraubenmutter, welche den Rahmen und das Pendel trägt, und den Gang der Uhr regulirt. Um das Gefäß mit der Pendelstange desto fester zu verbinden, ist oberhalb bei f eine Gegenschraube angebracht.

Die Theorie dieses Pendels ist einfach. Da der Schwerpunkt p des Pendels sich nahe in der Mitte des Quecksilbercylinders, oder auf seiner halben Höhe befindet, so muß der Schwerpunkt um so viel erhoben werden, als die Verlängerung des Pendels durch den Pendelstange und des ganzen Rahmens beträgt: muß der ganze Quecksilber-Cylinder so hoch seyn, daß die Ausdehnung das Doppelte jener Verlängerung ausmacht, wenn l die Länge des eisernen Pendels, e die spezifische Ausdehnung des Eisens, q den halben Quecksilbercylinder, und m die Ausdehnung des letztern Metalles bezeichnet, so muß m seyn. Man erhält hieraus $m : e = l : q$; d. h. für absolute Verlängerungen verhalten sich die Längen der Pendel selbst umgekehrt, wie ihre spezifischen Ausdehnungen. Hier ist die ganze Länge des wirklichen Pendels $= l + q$; hat man $m : e = l + q : q$, oder $m - e : e = l + q - q : q$; $q = \frac{e l}{m - e}$. Setzen wir für Eisen den Werth e im

$= 117$ und für Quecksilber mit Berücksichtigung der Ausdehnung des Glases $m = 1750$ Hunderttausendtel der Län-

ge $m : e = 15 : 1$, so ist $\frac{e}{m - e} = \frac{1}{14}$; und daraus

man $l = 36,7$ Par. Zolle annimmt, $q = \frac{1}{14} l = 2,62$;

erfordert dieses eine Quecksilbersäule von 5,24 Zollen

Höhe. Giebt man dem Glascyylinder eine Weite von 2 Zoll wird der Inhalt $= 16,4$ Kubikzollen, und das Gewicht 9 Pfunde.

Die Vorzüge dieser Compensation sind nicht zu verkennen. Die Ausführung ist leicht, also nicht kostbar, und selbst der Werth des Quecksilbers, der überdem unverändert bleibt, nicht an die Kosten der andern Constructionen. Die Begleichung hat keine Schwierigkeit, wenn man vorher durch Rechnung oder Versuch bestimmt hat, wie viel Quecksilber (Gewicht) der Höhe eines Schraubenganges der Abgleichschraube gleich komme. Die Wirkung des compensirenden Stoffes ist frei und unaufgehalten, rückt nicht stoßweiswärts, und bleibt sich immer gleich.

Allerdings möchte man den Zweifel erheben, ob eine in Glas eingeschlossene Quecksilbermasse die Temperatur so schnell annehme, als die dünne freischwebende Stange. Allein einerseits kann im verschlossenen Uhrkast die Wärmeänderung nie so schnell vor sich gehen; andererseits hält es nicht schwer, auch die Pendelstange durch Einschließen in eine Barometerröhre auf gleiche Weise gegen eine schnelle Wärmemittheilung zu verwahren, oder auch das Quecksilbergefäß aus Eisen, gegossenem oder geschmiedetem, zu verpacken. Ein solches Pendel ganz aus Eisen würde sich besonders für Reisependeluhrn eignen. Zufolge einer Nachricht von ZAHRTMAN hat ein Pariser Künstler, PECQUEUR den Boden des Glascyinders durchbohrt, und durch die Oeffnung ein beider Enden offene, eiserne Röhre gesteckt, so daß das Quecksilber sich nur in dem ringförmigen Zwischenraume zweier concentrischen Cylinder befindet.

Sollte die Verfertigung eines hinreichend weiten eisernen Gefäßes Schwierigkeiten verursachen, so kann man sich auf folgende Weise helfen. Man nehme einen Flintenlauf, von der dreifachen Länge der sonst erforderlichen Quecksilbersäule, fülle denselben mit diesem Metalle, so wird der Schwerpunkt dieses Quecksilbercyinders dreimal so hoch steigen bei jenem. Steckt man an das untere Ende dieses eisernen Flintenlaufes eine Linse aus Blei, von dreifachem Gewicht, so wird der gemeinschaftliche Schwerpunkt beider Massen um $\frac{1}{4}$ des Abstandes beider Schwerpunkte über den

Linse sich befinden (daher das Pendel oberhalb um
 antität zu verlängern ist), und seine Verrückung durch
 se wird nur $\frac{1}{3}$ der wahren Veränderung desselben im
 ber betragen.

2. Rostpendel.

betrachten hier vorzugsweise die *Zinkcompensation*,
 weil sie den Begriff der Sache einfacher und klarer
 als diejenige durch Messing, sondern weil sie auch in der
 ng einfacher, und leichter zu verfertigen ist. Es sey Fig. 63.
 die Länge der Eisenstange vom Aufhängepunkt A bis zum
 der Linse P, so muß die compensirende Zinkstange offen-
 g seyn, daß ihre Verlängerung durch eine gewisse Wär-
 zigen der Eisenstange gleich sey. Sie kann also in dem
 zer seyn, als ihre Ausdehnung stärker ist, als die des Ei-
 hin hat man, wenn l die Länge der Eisenstange, x die
 tange, z und e die relativen Ausdehnungen der beiden
 zeichnen, $l:x = z:e$, also $x = \frac{el}{z}$; die Zinkstange

ufwärts gerichtet; es wird also eine eben so lange Ei-
 CD erfordert, welche wie die erste niederwärts geht.
 nach diese sich ausdehnt, so muß die Zinkstange einer
 ge von $AP + CD$ oder $l + x$ entgegen wirken können,
 ger gemacht werden. Man erhält hieraus einen ver-
 Werth von $x = x'$, indem $z:e = (l + x):x'$, also
 $l + \frac{e}{z} \times \frac{e}{z} = l$, oder, wenn man $\frac{e}{z} = m$ setzt, $x' = l(m + m^2)$.

en dieser vergrößerte Werth von x zieht auch eine
 Verlängerung der herabgehenden Eisenstange nach sich,
 eine dritte Bestimmung der Zinkstange x'' erforderlich
 dem die vorige nochmals in dem Verhältniß von $\frac{e}{z} = m$

rt werden muß. Dieses gibt $x'' = l(m + m^2 + m^3)$.
 t, daß dieses zu einer geometrischen Reihe führt, de-
 $me = \frac{m}{m - 1}$ ist. Dieses gibt überhaupt $X = l \times$

$- 1$) und wenn man mit z multiplicirt, $X = l \times \frac{e}{z - e}$.

den Bestimmungen über die lineare Ausdeh-

nung der Metalle¹ können wir α , im Mittel $= 117$, für gegossenen Zink, $\alpha = 296$: Hunderttausendtheile Länge setzen; dieses Verhältniß ist von $8\frac{1}{2} : 9$ nicht verschieden; und somit wird die gesuchte Länge der Zink-

$$= 1 \cdot \frac{8,5}{9 - 8,5} = \frac{8,5}{0,5} l = \frac{7}{11} l = \frac{7}{11} \times (36,7 + 2,8) = 25$$

Wählt man statt des Zinks ein Metall von geringerer Ausdehnung, z. B. Messing, dessen Expansion etwa auf 0,001² setzen ist, so daß dieselbe zu derjenigen des Eisens

$$8 : 5 \text{ verhält, so hat man } x = \frac{5}{8 - 5} l = \frac{5}{3} l. \text{ Die Messing-}$$

stange müßte demnach um $\frac{2}{3}$ länger seyn, als das Pendel-

Fig. 64. was unthunlich ist. Man vertheilt daher die $\frac{2}{3}$ auf zwei gleiche Systeme, die man so verbindet, daß ihre Wirkungen aufgehoben werden, so daß man jeder der zwei aufsteigenden Messingstangen die Länge von $\frac{2\frac{1}{2}}{8}$ giebt. Man erhält hieraus den

gemeinen Satz für die Compensation: „Die Summe der Längen der verticalen Stäbe des gegebenen Metalls verhält sich zur Gesammtlänge der verticalen Stäbe des compensirenden Metalls umgekehrt, wie ihre linearen Ausdehnungen.“

Der Symmetrie und Festigkeit wegen ist man geneigt, die Stangen zu verdoppeln, und sie zu beiden Seiten der Pendelstange gleichmäÙig anzubringen. Man läßt also von dem untern Stege der Pendelstange p e die zwei Zinkstangen a b und c d heraufgehen, welche an dem Stege b d die Eisenstangen e g tragen. Man kann auch mit einer einzigen Zinkstange

Fig. 66. Compensation bewirken². Die Pendelstange p c ist in dem messingenen Stege a b in der Mitte befestigt; von den Enden desselben a und b senken sich die 3 Lin. dicken Eisendröhte a d und b e herunter, welche den Steg d e tragen. Aus der Mitte f des Letztern steigt die etwa 7 Lin. dicke Zinkstange h i auf, an welcher der Steg h i befestigt ist. Dieser ist von derselben Länge, wie a b, um die Stangen a d und b e durch-

1 S. dieses Wörterbuch T. I. p. 583. und 585.

2 Diese Einrichtung ist, wie auch die oben erwähnte des Quasid Silberpendels von REPSOLD in Hamburg.

, und so das Schwanken der Zinkstange zu verhüten. Man hängen die Eisendrähte h k und i l herab, welche an Steg d e frei, doch ohne Schlotterung durchgehen, unten im Steg k l verbunden sind, aus dessen Mitte die Pendelstange o heruntergeht. Sollte man es nicht zu schwierig finden eine Zinkstange der Länge nach zu durchbohren, oder eine Röhre zu gießen, so könnte man die Pendelstange in eine Zinkstange stecken, und die letztere mit einem Flinnglas umgeben¹.

Die sehr nahe liegende Idee empfiehlt vorzüglich HERAPATH und die Construction des von ihm angegebenen Pendels ist einfach und zweckmässig, daß sie hier eine kurze Erwähnung verdient. Das Pendel ist, wie gewöhnlich, an einem Ende einer Uhrfeder A, von 3 engl. Zollen Länge aufgehängt. Fig. 67. d an dieser die eiserne Pendelstange B, 27,92 Z. lang.

Auf einer Scheibe an ihrem unteren Ende ruhet die Pendelstange von Zink C, gleichfalls 27,92 Z. lang, an deren oberem Ende eine Schraube zur Regulirung der Compensation geschnitten ist.

Ueber diesen hohlen Cylinder von Zink wird die äußere eiserne Röhre D geschoben, welche unten bei E' in das Pendelstück geschraubt ist, an dessen Stange die Linse bei G in ihrem Mittelpunkte festsetzt, und die Schrauben am Ende der Röhre F dient dazu, die Linse höher zu schrauben; oben wird die eiserne Stange D durch eine Mutterschraube gesichert, welche sich auf der männlichen Schraube der Zinkstange zur Regulirung der Compensation auf und nieder schraubt. Die Berechnung der Längen der einzelnen Theile,

diesen zugehörigen Compensation ist nach HERAPATH

Er nimmt die Ausdehnung des Eisens für $1^{\circ} \text{F.} = 0,00000761$ und des Zinkes $0,00001672$ der Einheit an. Hiernach beträgt die Aus-

Der Architekt ZECHINI LEONELLI schlägt vor, die in der eisernen geschlossene Zinkröhre aus zwei in einander geschraubten Stücken zu fertigen, um nach Belieben sie verlängern zu können. S. die Annalen d. polytechn. Instituts in Wien. VI. p. 53.

Philos. Mag. LXV. 374.

von 3 Z. Stahlfeder	0,000022830
von 27,92 Z. Eisen	0,000193542
und noch von 86,13929 Z. Eisen	0,000250600
<hr/>	
zusammen	0,000466972;

Die Ausdehnung von 27,92 Z. Zink aber beträgt 0,0004 welche somit jene genau compensirt.

Dafs bey allen Rostpendeln das Gewicht des Rosts je nach seinem Verhältniß zu demjenigen der Linse Schwingungspunct des Pendels erhöhe, mithin dasselb längere, bedarf keiner Erinnerung,

4. Compensation durch Hebelwerk

Die Unzulänglichkeit des Messings für eine einfache Compensation brachte schon frühe die Uhrmacher auf den Gedanken die unzureichende Wirkung des Messings vermittelst ein Hebelwerk zu vergrößern, und so die Linse in gehöriger Höhe zu erheben. Diese Einrichtung bot neben ziemlicher Einfachheit auch den Vortheil dar, dafs man durch Verlängerung oder Verkürzung der Hebel die Compensation leicht reguliren

Fig. 68. te, was bei den Rostpendeln schwieriger war. ELLECOM

struction scheint noch jetzt eine der vorzüglichsten zu seyn. a b c d e f ist ein breiter, nicht allzudicker Streif aus Eisen oder Stahl: unten in der Oeffnung der Linse ist er noch breiter, so dafs auf dieser Fläche die Centra der Hebel befestigt werden können. Diese Hebel treten dann gegen die Mitte zusammen, und auf sie drückt das untere Ende der Messingstange A B C, welche auf dem Eisenstabe a b mit Schraubenköpfen so angehalten wird, dafs sie zwar doch sich bewegen, aber nicht ausbiegen kann. Dieselbe ruht auf dem längern Arme jener beiden Hebel vermittelst der Köpfe r und s, welche durch die Drehung der Scheiben theilten, in die messingene Linse eingepafsten Scheiben m

1 Da sich das Zink so sehr gut zu Blech walzen und zu Draht ziehen läfst, wie ALTMÜTTER bei G. LVIII. 463. gezeigt hat, ist es fraglich, ob sich dasselbe nicht auf gleiche Weise als Messing-Behuf dieser sehr zweckmäßigen Pendel über einen Dorn zu ziehen liesse. Die Ausdehnung solches Zinks müßte dann genau gesucht werden, und es würde die Verfertigung der Compensation nach dieser Angabe eben so leicht als sicher seyn.

Centrum der Hebel genähert oder von demselben entfernt den können, so daß man die Compensation nach Belieben ändern kann. An den Köpfen r und s ist ein feiner Schraubengang angedreht, der sich ebenfalls auf den Hebeln o und p geschnitten findet. So wie sich nun die Messingstange A B C ausdehnt, als der eiserne Pendelstab a b c d e, so wird durch den Druck auf die Hebel o und p die Linse in gehöriger Mafse heben, und so die Compensirung bewirken. Um Contra der Hebel von allzuschwerem Druck zu befreien; ist bei f die Feder g g aufgeschraubt, welche den größten Theil der Linse trägt. Die Regulirung des mittlern Ganges kann entweder durch ein Laufgewicht längs der Pendelstange, oder oberhalb durch Versetzung der Klammer, welche die Feder des Pendel hängt, umschließt, und seinen obern Endpunkt bestimmt, bewirkt werden ¹.

Weniger elegant ist eine zweite Construction; bei welcher das Hebelwerk außerhalb der Linse angebracht wird. Von der Pendelstange a b aus gehen divergirend die zwei eisernen Arme b c und b d, an deren unterm Ende die Centra der Hebel p f und q h sich befinden. Der kürzere Arm derselben wird durch an b befestigte Messingstange (auf der einen Seite e f, auf der andern g h) niedergedrückt, wodurch das, in der Linse befindliche Stück p in die Höhe steigt, und auf der unten angebrachten Schraubenmutter m, die zur Regulirung des Gangs dient, die Linse erhebt. Die Hebel sind an ihrem kürzern Ende bei c f und d h durch die Schrauben q und r stellbar. Diese Einrichtung erfordert ein breites Gehäuse; auch ist es schwieriger die Messingstangen gegen das Einbiegen zu schützen, da sie weiter von der Eisenstange entfernt sind, als bei Elphinstone's, bei dessen Pendel man statt des Messingstabs eine cylin- drische, die runde Pendelstange gut umschließende Röhre bringen kann.

¹ Der Uhrmacher Ign. BERLINGER in Wien hat, ohne es zu wissen, Elphinstone's Idee genau wiederholt, mit dem einzigen Unterschiede, daß die Messingstange zwischen zwei Eisenstangen herabgehen läßt, und das Hebelwerk außerhalb der Linse anbringt. Jahrb. d. polytechn. Instituts in Wien. VI. p. 38.

4. Compensation durch die Biegung thermometrischer Federn.

Das Bedürfnis einer genauen Compensirung bei Chronometern und die Unmöglichkeit, die Compensation durch Stahl in diesen Werkzeugen anzubringen, brachte den erfinderischen **MARTIN** auf die Idee, eine Feder von Stahl und Messing zu verketten, welche wegen der ungleichen Ausdehnung und Zusammenziehung beider Metalle sich bald nach der einen, bald nach der andern Seite krümmen, weil das längere Metall sich stets auf der convexen Seite des Krümmungsbogens befinden muß. Die Wirkung dieser Vorrichtung ist beträchtlich. Nimmt man der Feder wegen die erhaltenen Krümmungen für Kreisbogen an, ergibt sich: 1. daß sie, so lange die Aenderungen nicht bedeutend sind, mit dem Ueberschuß des einen Metalls das andere so ziemlich gleichen Schritt halten. 2. Daß bei gleicher Temperatur desto stärker werden, je mehr die Metallstreifen einander genähert sind. Dicke Streifen sind daher bloß da zu empfehlen, wo man nur eine geringe Biege und dagegen mehr Festigkeit verlangt; denn auch die dünnen derselben leisten den Wirkungen der Ausdehnung mehr Widerstand. Auf diese, wie wir unten sehen werden, nämlich bei Chronometern anwendbare Eigenschaft solcher Metallstreifen gründete **MARTIN** die von ihm in Anwendung gebrachte Compensation: a und b sind zwei Kugeln, welche in eine Schraube ausgehenden Enden der Doppelfeder gesteckt sind. Diese ist für eine angenommene mittlere Temperatur geradlinig. Bei steigender Temperatur dehnt sich das untere messingene Streifen stärker aus, als der obere eiserne, die Feder wird mithin nach oben concav, und die Kugeln steigen aufwärts. In der Kälte zieht sich das Messing mehr zusammen, als das Eisen, und die Kugeln sinken so weit unter die Mittellinie, als die Verkürzung der eisernen Pendelfeder es nöthig macht. Man hat hier drei Berichtigungen der Compensation: 1. kann man durch dünnes Feilen der Feder die Bewegung vermehren; 2. durch das Hin und Herschrauben der Kugeln ihren durchlaufenen Weg modificiren; 3. durch das Gewicht der Kugeln selbst ihr statisches Moment im Verhältniß zur Linse P, mithin ihren Einfluß auf die Erhöhung des Schwingungspunctes verändern. Auch hat diese Ein-

Fig. 70.

1 Vorthheil, daß sie für sich bestehend ist, mithin an jedem reits fertigen Pendel angebracht werden kann.

Sehr oft schon ist auch das Ersatzmittel einer eigentlichen metallischen Compensation angerathen worden, die Pendelstange aus Holz zu verfertigen: man empfiehlt dazu besonders das radfaserichte Tannenholz, welches man noch, um es gegen Feuchtigkeit unempfindlicher zu machen, in Oel kochte, und nachdem es im Ofen getrocknet war, stark mit Firniß überzog. Es läßt sich nicht leugnen, daß mit einem solchen Pendel eine Uhr bedeutend richtiger geht, als mit einem aus Eisen oder Stahl. Dennoch scheint es schwer zu seyn, der Feuchtigkeit, besonders in den Fugen der Verbindung mit den ansehnlichen Metallstücken allen Zutritt zu verwehren, und man übt auch die Wärme einen merklichen Einfluß aus, indem das Holz verkürzt, während dem die Kälte es verlängert. Man hat daher die Regel gegeben, den siebenten Theil der Pendellänge von Messing zu machen. Gleichwohl sind solche Uhren nur auf ein Paar Secunden genau, und taugen also in der praktischen Astronomie nur für *Zähler*. Das Schlimmste ist, daß man für die Anomalien dieses Pendels keine Rechnung tragen kann, weil sie der Wärme und Feuchtigkeit allzulangsam folgen, um irgend ein sicheres Verhältniß zwischen Ursache und Wirkung möglich zu machen. Nach Versuchen des oben erwähnten IGNAZ BERLINGER wurde ein Pendel, das man von 4° R. bis auf 30° R. erwärmte, um $\frac{1}{10}$ Linie verkürzt. Als nachher noch zwei Stunden lang einer Hitze von 52° R. ausgesetzt wurde, zog es sich um $\frac{1}{4}$ Linie zusammen; allein es mußte, als der Kasten dem Luftzuge wieder geöffnet wurde, erst als 42 Stunden, um seine ursprüngliche Lage wieder anzunehmen ¹.

Noch sind hier diejenigen Vorrichtungen zu erwähnen, welche nicht an der Pendelstange selbst angebracht werden, sondern bei welchen der Biegungspunct der dünnen Stahlfeder, welcher das Pendel aufgehängt wird, verrückt, und so die Lage des Pendels auf ein beständiges Maß zurückgeführt wird. Fig. 1 der einfachsten ist folgende: Man befestigt das Stück a, 71.

¹ Jahrbücher des polytechn. Instituts in Wien. Bd. VI. p. 37.

welches die Aufhängefeder einklemmt, nicht wie gewöhnlich am hintern Boden des Uhrwerks, sondern an dem einen Ende eines kleinen Hebels $a c b$, dessen anderes Ende mit einer Stange $b d$ zusammenhängt, die bei d in der nämlichen Wand festigt ist, welche oben die Uhr selbst trägt. Durch Veränderung des Hebelarmes $b c$, und durch die Länge der Stange selbst, je nach der Ausdehnung des gewählten Metalles, läßt sich diese Compensation berichtigen; doch wird man hier immer noch mit den Dehnungen der Wand selbst zu thun haben, von denen keine Substanz, weder Holz noch Stein, freizusprechen ist. Es fällt in die Augen, daß diese Verschiebung des Aufhängepunctes, durch andere Mittel, namentlich durch die oben in Nr. 4 erwähnten Federn aus zweierlei Metall gar wohl bewerkstelligt werden könne. Diese Art der Compensation hat den Vortheil, daß sie den Biegungen und Klemmungen der Stangen, und dem beständigen Druck der Linse ausgesetzt ist, dagegen ist sie wegen der ungleichen Biegsamkeit der Aufhängefeder in verschiedenen Stellen, und wegen ungleicher Abschneidung ihres Biegungspunctes bei den häufigen Schwankungen der Klammer selbst, doch keineswegs den zuverlässigen Methoden beizuzählen.

Noch ist zu bemerken, daß bei Berechnung der Compensationen auch noch die halbe Höhe der Linse berücksichtigt werden muß. Je nachdem die Linse aus Blei, Messing oder Eisen besteht, wird ihr Schwerpunkt im Verhältniß der Ausdehnung höher gehoben, als er durch die Verlängerung der Stange, wöhnlich etwa 3 Zoll langen eisernen Schraube am Peten sinkt. Ist die Linse aus Gußeisen, so fällt diese Bedenklichkeit weg; beim Blei und Messing hingegen tritt eine eigentliche Verkürzung, eine Uebercompensirung ein. Verschiedene Künstler bringen deswegen die Stellschraube der Linse in ihrer Stellung selbst an.

Compensation bei Chronometern.

Die Unruhe der tragbaren Uhren ist eine Art Schwungpendel, das durch die Spiralfeder in eine Wechselbewegung versetzt wird. Die Schnelligkeit seiner Schwingungen hängt ab von der Federkraft der Spiralfeder, und von der Last der Unruhe selbst, nämlich von ihrem Trägheitsmoment. Durch die Wirkung der V

wird die Feder verlängert, wodurch sie an Kraft ver-
 , so daß sie die Unruhe nicht mehr mit der nämlichen
 elligkeit zu bewegen vermag. Man begegnet diesem Man-
 durch die Verminderung des Trägheitsmomentes, indem
 am Stege der Unruhe eine halbkreisförmig gebogene Dop-
 der aus Stahl und Messing, oder Platin und Silber an-
 t, an deren Ende sich ein Gewicht befindet, das durch
 1 der Wärme erfolgende stärkere Krümmung dieser Feder
 entrum der Unruhe mehr genähert wird. Die Figuren ge-
 ne deutliche Vorstellung dieser beiden Constructionen. In Fig.
 stztern wird, um die Compensation zu verstärken, der ⁷²
 nig geschweifte Stahlstreifen auf der convexen Seite von ^{und} 73.
 l, und von d bis m mit Messing belegt. Giebt man den
 n M und M' ein bedeutendes Uebergewicht über die zur Fig.
 irung des mittlern Ganges bestimmten Gewichte A und A', ⁷²
 rfte auch ein einziger Quadrant einer solchen Doppelfeder
 en.

Die Compensation der Ausdehnungen durch die Wärme
 auch in andern Fällen, wo es unveränderliche Längen er-
 rt, bei Gestellen, Maßstäben, Messstangen ihre Anwen-
 finden. So wurde z. B. de Lüc zu seinen pyrometrischen
 nchen über die Ausdehnung des Glases ¹ durch den
 uch veranlaßt, ein unveränderliches Stativ für sein Hy-
 eter zu finden. In den meisten Fällen jedoch ist es bes-
 solche Geräthschaften aus Stoffen zu verfertigen, die kei-
 bedeutenden Ausdehnung unterworfen sind, und für die
 meidlichen Verlängerungen nach der Temperatur Rech-
 zu tragen.

H.

Compressibilität.

s a m m e n d r ü c k b a r k e i t; *Compressibi-*
 ; *compressionis capacitas*; *Compressibilité*;
compressibility, compressibleness; nennt man diejenige
 schaft der Körper, vermöge deren sie durch die Einwir-
 mechanischer Gewalt in einen geringeren Raum zusam-
 pnest werden können, als den sie vorher einnahmen.
 t man die Sache in dieser Allgemeinheit, so giebt es kei-

Th. I. dieses Wörterbuchs. pag. 565. und 576.

nen Körper, welcher nicht compressibel genannt werden denn da alle Körper durch Wärme ausgedehnt werden ¹ ihr Volumen allezeit durch ihre Temperatur bedingt. zwar die Gewalt, womit sich die Körper ausdehnen groß, aber nicht unendlich, und wird daher eine zusschließende Kraft angewandt, welche größer ist als die womit sie sich durch vermehrte Wärme ausdehnen, so sie hierdurch nothwendig zusammengedrückt werden, und somit alle compressibel, oder die Eigenschaft der Compressibilität ist nach diesen Gründen eine *allgemeine, allen zukommende*. Die hierbei gleichfalls aufgeworfene Frage nämlich, ob die Materie an sich, also auch ihre kleinsten Theile oder Atome compressibel sind, kann man entweder zurücksagen, insofern die Naturforschung uns noch nicht über die Schaffenheit der Atome belehrt hat, oder man kann sie ablehnen in Gemäßheit derjenigen Vorstellungen, welche von den Elementen der Körper machen müssen, insofern diese nur die *absoluten* Eigenschaften der Materie, kein aber die *relativen* der Körper, worunter auch die Compressibilität gehört, ausgedehnt werden können.

Der Grad der Compressibilität der verschiedenen ist sehr verschieden. Am meisten lassen sich die elastischen oder expansibelen, weit weniger die tropfbar flüssigen in sehr ungleichen Graden die festen zusammendrücken. beiden ersteren nehmen außerdem, sobald die comprimirende Gewalt aufhört, ihren früheren größeren Raum wieder ein, heißen deswegen, wenn sie sich in jeden beliebigen, der einwirkenden Gewalt umgekehrt proportionalen Raum ausdehnen, *elastische*, oder besser *expansibele* Flüssigkeiten ² (*Expansibilien*), wenn sie aber nach aufhörender äußerem Drucke und bei unveränderter Temperatur genau ihr früheres Volumen wieder annehmen, *elastisch*, welche Eigenschaft der Elasticität auch den festen Körpern unter denselben Bedingungen allgemein zukommt. Beide Eigenschaften werden am gehörigen Orte untersucht, und daher hier am

¹ S. Th. I. p. 557.

² Vergl. *Elasticität*.

gegangen, obgleich bei den expansibelen Flüssigkeiten auf die Compressibilität, oder vielmehr auf den Grad und die Stärke ihrer *Compression*, ihrer *Zusammendrückung* jederzeit Rücksicht genommen werden muß. Versteht man aber unter Compressibilität diejenige Eigenschaft der Körper, vermöge welcher sie in einen geringeren Raum zusammengepresst werden können, und in diesem auch bei nachlassendem Drucke ganz oder zum Theil verharren, welches die richtige Bestimmung ist, insofern die *Compressibilität* von der *Elasticität* verschieden werden muß, so kommt diese nur den festen Körpern zu. Im Allgemeinen ist dieselbe eine Folge der lockeren Zusammenfügung der Bestandtheile. Bei vielen Körpern ist dies sehr auffallend, z. B. bei den Hölzern, beim Leder, beim Papier, bei der Pappe, gefilzten Körpern, gewebten Zeugen u. s. m. Alle diese lassen sich mechanisch bedeutend zusammendrücken, indem ihre Theile einander näher gebracht, und selbst dadurch dichter und fester werden. Weniger auffallend, aber auf dem nämlichen Grunde beruhend, ist dieses bei den Metallen, welche indeß gleichfalls durch Drahtziehen, Schmieden, Pressen z. B. beim Münzen, Walzen u. s. w. entweder im Ganzen oder zunächst der Oberfläche mehr oder minder zusammengepresst werden, und ihr früheres Volumen meistens durch Erhitzung wieder annehmen. Zuweilen ist die Zusammendrückung nur scheinbar, z. B. beim Elfenbein, dem Blei u. s. m., indem die Theile zwar nach einer Dimension einander näher gebracht werden, nach einer andern aber zugleich sich voneinander entfernen. Glas, noch zähe durch Hitze, fand Graf Laplace¹ durch die heftigsten Schläge mit dem Rammklotze nicht compressibel, und hält es daher auch in diesem Zustande elastisch.

Hiernach können wir also vorzugsweise nur den Metallen die Compressibilität zuschreiben, und diese ihre Eigenschaft ist auch allgemein bekannt. Minder ist dieses der Fall bei den Holzarten, obgleich diese ohne Ausnahme in einem noch weit höheren Grade compressibel genannt werden können, indem sie sich sowohl nach der Länge als auch nach der Quere ihrer Fibern

¹ G. XLIII. 98.

bedeutend zusammendrücken lassen. Werden hölzerne Cylinder oder Säulen nach der Länge ihrer Fibern einige Minuten unter einer starken Presse zusammengedrückt, und unmittelbar ins Wasser geworfen, so sinken sie unter. Dauert die Zusammendrückung längere Zeit, so kommen die Hölzer überhaupt nicht wieder zu ihrem früheren Volumen zurück, ausser wenn dieses durch Zutritt von Feuchtigkeit geschieht ¹. Auch Kork läßt sich so stark zusammendrücken, daß er specifisch schwerer wird als das Wasser ², wenn der Druck ihn von allen Seiten trifft. Legt man in ein dickes Glasgefäß mit einer Compressionspumpe eine Korkkugel, und comprimirt die Luft durch schnelle und starke Stöße, so wird sich die Kugel zu weniger als ein Dritttheil ihres Volumens zusammenziehen, beim Entweichen der Luft aber ihr früheres Volumen wieder erhalten. Ist das Gefäß zum Theil mit Wasser gefüllt, wo der Kork schwimmt, so wird zwar etwas Wasser in denselben dringen, dennoch aber sein Umfang auf gleiche Weise abnehmen, und er zu Boden sinken. Hiervon leitet LESLIE die Erscheinung ab, daß eine mit Luft gefüllte und gut verkorkte Flasche, wenn sie 20 bis 30 Lachter tief in die See gesenkt wird, nach dem Herausziehen mit Wasser gefüllt ist, welche nicht durch die Poren des Korkes, sondern neben demselben eindringt, so daß die Flasche zugleich verkorkt bleibt.

Die Compression, welche das Holz beim enormen Druck des Wassers erleidet, gehört unter die auffallendsten Erscheinungen. Wenn Stücke Eichen, Eschen, Ulmen oder sonstiges Holz bis zur Tiefe von 1000 Faden in die See gesenkt und wieder heraufgezogen werden, so hat man gefunden, daß sie 1/3 ihres Gewichtes an Wasser enthalten, und im Wasser wie Steine untersinken. Daher schwimmen die Stücke der Schiffe, welche am Ufer zertrümmert sind, oben auf, wenn aber Schiffe im Ocean sinken, so wird das Holz so dicht, daß es nie wieder die Höhe kommt ³. M.

¹ Vergl. *Ausdehnung* I. 555.

² Leslie Elements of Natural Philos. Edinb. 1823. 8. I. 26.

³ W. Scoresby Account of the Arctic Regions. cet. Edinb. 1829 II Vol. 8. I. 191 ff.

Compressionsmaschine.

Compressionspumpe, Condensationspumpe, oder Condensationsmaschine; *Machina condensatoria*; Machine de compression ou de condensation; *Condensing engine*.

So kann im Allgemeinen jede Maschine genannt werden, womit man Körper comprimirt oder zusammendrückt. Dazzu gehören also namentlich die Druckwerke der Feuerspritzen und der verschiedenen hydraulischen Maschinen, die Pressen, Walzenwerke u. dgl. m. Zunächst aber verstand man ehemals darunter diejenigen Maschinen, mit welchen man im Gegenthe gegen die exantlirenden Luftpumpen die Luft verdichtete. Uebrigens hat man inzwischen die Entdeckung gemacht, daß verschiedene expansibele Flüssigkeiten durch starke Compression tropfbar flüssig werden, und auch die tropfbaren Flüssigkeiten durch sehr starken Druck gewisse Veränderungen erleiden, vorzüglich wenn hiermit zugleich Erhöhung der Temperatur verbunden werden kann. Es ist daher für die Erweiterung der Wissenschaft allerdings von Wichtigkeit, Maschinen zu besitzen, durch welche gegen die zu untersuchenden Körper eine sehr große Compression ausgeübt werden kann. Um daher dasjenige, was in dieser Hinsicht bisher geschehen ist und noch geschehen kann, besser zu übersichten, mag folgende Darstellung dienen.

1. Compressionsmaschinen für Luft und Gasarten.

Soll die Compression der Luft nur bis höchstens auf etwa 10 Atmosphären gebracht werden, so kann man sich hierzu der gewöhnlichen Condensationspumpen bedienen. Für sehr geringe Verdichtungen, etwa 2 Atmosphären hat man die Luftpumpen eingerichtet, indem man da, wo die exantlirte Luft ausweicht, einen Teller anbringt, eine Campana darauf festsetzt, und die durch die Oeffnung des gewöhnlichen freien Hahners eingesogene Luft unter derselben verdichtet. Bei Hahnpumpen darf man nur die Hähne umdrehen, um die Maschine, statt zur Exantlirung, zur Compression einzurichten. In-

deß schliessen die Emboli den Luftpumpen selten dicht genug um damit zu comprimiren, und die Anwendung derselben zu diesen Zweck kann ihrer Genauigkeit leicht nachtheilig werden, weswegen dieses ein für allemal verwerflich ist.

Eine eigene Compressionsmaschine oder Condensationpumpe hat HAWKBEE ¹ gebraucht, eine oben und unten mit Messing gefasste Glaskugel, auf welche eine gewöhnliche Condensationspumpe geschoben, und hiermit die Luft in jenem verdichtet wird ². Mehr noch beachtet, und allgemeiner gebraucht ist die durch NOLLET ³ vorgeschlagene Maschine.

Fig. ist aus der Zeichnung völlig klar, aus welcher sich ergibt ⁷⁴. daß dem Hahn E der Vorzug vor Hawksbee's Blasenventile gegeben ist. A D ist der Pumpenstiefel von Messing, D C Rohr von demselben Metall, und die Kugel wird aufgeschoben; eine für die meisten Versuche zu beschränkte Einrichtung.

Wegen der Unbequemlichkeit des steten Umdrehens einer *Guerickschen* Hahns kehrte WINKLER ⁴ wieder zu den Ventilen zurück, und zwar zu den Blasenventilen. Soll die Verdichtung nicht stark werden, so ist diese Einrichtung ohne Zweifel die beste, aber es ist zu bezweifeln, daß man hiermit weiter, als bis zum höchstens vierfachen atmosphärischen Druck gelangen könne. Am schönsten sind diese Maschinen ausgeführt durch HAAS und HURTER, und ihre Einrichtung ist im Wesentlichen folgende. Auf einem Tischchen sind die beiden Säulen G, G befestigt, zwischen denen sich ein eben geschliffener messingner Teller befindet. Auf diesen wird die sehr starke, oben und unten genau eben geschliffene Campana, nachdem auf ihren oberen und unteren Rand etwas Pomade aufgetragen ist, aufgesetzt, oben auf dieselbe das gleichfalls eben geschliffene massive Messingstück gelegt, durch welches in einer Lederbüchse der Draht P L luftdicht beweglich ist, und

¹ Course of Mech. Opt. cet. Experiments. p. 17. Vergl. Wagnözl. Vers. III. Cap. 1.

² Eine dieser ähnliche Compressionsmaschine, welche sich noch in einigen Cabinetten findet, einen messingenen Cylinder mit zwei Glasscheiben an den Flächen beschreibt s'Gravesande Phys. El. II. 610.

³ Art des Expériences III. 10.

⁴ Anfangsgr. d. Phys. Leipz. 1754. 8. p. 130.

an den hölzernen Querbalken D mittelst der Schrauben K festangedrückt. Aus der Mitte des Tellers führt ein Canal zum Boden der Compressionspumpe F X, worin sich ein Ventil befindet, und bei welcher die Kolbenstange mit Handhabe Q nebst dem aufgeschraubten Deckel W, um aufgezogenen Embolus zurückzuhalten, damit er nicht ganz ausgeht, und dem Löffelchen bei α zum Eindringen der Luft nach dem Aufziehen des Embolus für sich deutlich sind. Die schräge Richtung der Pumpe erleichtert sehr die Arbeit des Comprimirens. Bei B ist eine Schraube, welche geöffnet wird, wenn man die comprimirte Luft unter der Campana wieder weichen lassen will. Endlich ist mit dem, vom Teller zum Boden der Compressionspumpe führenden Canale das messingne Rohr R, mit der eingekitteten, auf einer elfenbeinernen Scale laufenden starken Glasröhre S, verbunden, in welcher letzteren eine bis zum Null der Scale reichende Quecksilbersäule besteht. Indem dann die Luft unter der Campana comprimirt wird, drückt sie zugleich gegen die Quecksilbersäule, und schließt aus dem verminderten Raume, welchen die zusammengedrückte Luft in der Röhre einnimmt, nach dem *marcottischen Gesetze* auf den Grad der Verdichtung. Diese Art *Compressionsmesser* ist die einfachste, sicherste und meistentheils gebräuchlichste.

Auch andere Künstler haben diese Arten von Compressionspumpen mit unbedeutenden Veränderungen ausgeführt. Sie gehören z. B. die von GREPPIN und BILLIAUX nach Art der Nolletschen Luftpumpe verfertigte ¹, die von DÜMOTIEZ der Stiefeligen Luftpumpe nachgebildete ² u. a. m. Weil in diesen die Blasenventile bei sehr starkem Drucke zerreißen und sich leicht ungenau schließen, so ist es am rathsamsten für die Compression der Luft überhaupt, Kegelveutile anzuwenden, die bei den einfachen und im Allgemeinen zweckmäßigsten *Compressionspumpen der Windbüchsen* allgemein gebräuchlich sind. Sie bestehen aus einem eisernen Stiefel C C, Fig. 76, in welchen die zur Aufnahme der verdichteten Luft bestimmte

¹ J. de Ph. XIX. 438.

² Ebend. XXXI. 431.

Kugel B vermittelt einer starken Schraube geschroben ist. Kugel, oder bei einigen Windbüchsen der Kolben, muß Eisen seyn, oder von getriebenem Kupfer, und im letzteren Falle fast 0,5 P. Z. Metallstärke haltend. Bei d d, wo die Hälften zusammengeschroben und dann hart gelöthet werden muß, die Metallstärke nahe 1 Z. betragen. Die Compressionspumpe ist im Mittel 2 bis 2,5 F. lang und nur 0,5 Z. inwendig weit, wie denn nach aërostatischen Gesetzen die Compression so viel weiter getrieben werden kann, je enger die Pumpe ist. An der Handhabe A befindet sich die eiserne Stange a a, an dem Embolus β , welcher aus Scheiben von Sohlenleder, zwischen zwei eisernen Platten festgeschroben und abgedreht besteht. Er muß anfangs sehr compress in dem Stiefel bestehen, hinlänglich lang und mit Oel getränkt seyn, welches besten in die Scheiben dringt, wenn man sie anfänglich warmen Wasser durchnäßt und dann mit Pomade aus geschmolzenem Wachs und Oel trinkt. Das obere eiserne Stück der Kugel e e hat eine conische Oeffnung und darin das abgeschliffene, oder auch wohl mit einer feinen ledernen Kugel überzogene Kegelventil α , welches anfänglich durch die Spiralfeder β verschlossen wird, nachher aber wegen des starken Luftdruckes von selbst genugsam angedrückt wird. Oben im Stiefel bei g befindet sich ein kleines Löchelchen, so hoch, daß es bei aufgezogenem Embolus gerade unter demselben ist, durch welches die Luft oder das Gas, letzteres aus einer Thierpumpe oder einer sonstigen Vorrichtung eingesogen, zum Comprimiren eindringt. Bei den Tyroler und den in Wien verfertigten *Windbüchsen* soll der Embolus der Compressionspumpe bloß aus einer einzigen Scheibe sehr dicken Sohlenleder bestehen, welches unten an die Stange a a geschroben wird, und wenn es in den Stiefel geprefst wird, so daß es nach Unten eine concav gewölbte Fläche bildet, und weil es des engen Raumes wegen nicht wieder eben werden kann, der am stärksten comprimirt Luft keinen Ausweg verstattet. Ich kenne diese Einrichtung nur aus mündlich mitgetheilten Beschreibungen.

Fig. 77. ten *Windbüchsen* soll der Embolus der Compressionspumpe

bloß aus einer einzigen Scheibe sehr dicken Sohlenleder bestehen, welches unten an die Stange a a geschroben wird, und wenn es in den Stiefel geprefst wird, so daß es nach Unten eine concav gewölbte Fläche bildet, und weil es des engen Raumes wegen nicht wieder eben werden kann, der am stärksten comprimirt Luft keinen Ausweg verstattet. Ich kenne diese Einrichtung nur aus mündlich mitgetheilten Beschreibungen.

Unter diese Art von Compressionspumpen gehört auch jene, welche CUTBERSON für THOMAS NORTHMORE verfertigt

¹, um die Veränderungen zu untersuchen, welche Gasge-
 sche durch starke Compression erleiden. Sie hat indefs
 its ausgezeichnet Eigenthümliches, indem sie blofs aus ei-
 gewöhnlichen Compressionsröhre mit einem angeschrobenen
 bündungsstücke besteht, um an dieses wieder den erforder-
 en Glasrecipienten zu schrauben. In dem Verbindungsrohre
 edet sich ein durch eine Feder niedergedrücktes Kegelven-
 und eine seitwärts angeschrobene Verbindungsröhre mit ei-
 a Hahne und einer Blase, um die erforderlichen Gasarten
 führen. Der Glasrecipient hatte aber nur 0,5 Z. Glases-
 te, und die grösste Verdichtung ging daher nur bis zur
 zehnfachen atmosphärischen.

Wenn man annimmt, dafs beim Comprimiren weder neben
 i Embolus noch durch die Schrauben und Ventile überall
 e Luft entweicht, so läfst sich der Grad der Verdichtung
 it finden. Heifst nämlich die Dichtigkeit der comprimirten
 usibelen Flüssigkeiten d , die der äufsern Luft $= 1$ gesetzt,
 Inhalt des Gefäßes, worin die Luft comprimirt wird $= V$,
 Stiefels nach Abzug des Raumes, welchen der Embolus ein-
 unt $= v$, die Zahl der Kolbenstöße $= n$, so ist:

$$d = \frac{V + nv}{V};$$

nach d für einen unendlichen Werth von n gleichfalls un-
 ch werden müßte, wenn das mariottesche Gesetz absolut
 ig und die Sache überhaupt ausführbar wäre. Besser mißt
 , so weit dieses Gesetz gewifs gültig ist, den Grad der
 ichtung vermittelt des oben angegebenen *Compressions-* Fig. 75.
 essers R S. Nur in sehr seltenen Fällen dürfte man daher
 ulast werden, von dem durch SEAWARD ² angegebenen,
 sogenannten Birnprobe ähnlichen Apparate Gebrauch zu
 chen. Dieser besteht aus einem eisernen oder gläsernen Ge- Fig. 78.
 e A mit Quecksilber, welches anfänglich durch die Röhre a
 efüllt werden kann, so lange die Röhre c c bei d noch of-
 ist, bis dasselbe ihre Mündung bei f sperret. Schraubt
 nachher die Schraube bei d fest, setzt den Apparat unter
 Campanen, welche die comprimirt Luft enthält, so dringt

¹ G. XXX. 283.

² Phil. Mag. and Journ. 1824. Jan. p. 36.

diese durch a, treibt das Quecksilber durch die Röhre b in den Raum B, und die Höhe, bis zu welcher dasselbe in der Röhre c c aufsteigt, zeigt den Grad der Verdichtung. Dafs dieses erst neuerdings erfundene Instrument einem einfachen *Manometer*¹ nachsteht, lehrt der Augenschein, und es wird also nicht unter die physikalischen Apparate aufgenommen werden. So lange übrigens die Verdichtung nicht über die niedrige Grenze hinausgeht, für welche das Mariottesche Gesetz noch als gültig erwiesen ist, kann die Stärke der Condensation mittelst des Manometers gemessen werden. Wäre es möglich, dieselbe bis auf hundert und mehrere hundert Atmosphären zu treiben, so würde uns bis jetzt noch das Mittel fehlen, diese genau zu messen, so wichtig es auch für verschiedene, in den neuesten Zeiten theils angestellte theils vorgeschlagene Versuche seyn würde, die Verdichtung genau bestimmen zu können.

Die Condensations- oder Compressionspumpen haben einen sehr eingeschränkten Gebrauch, wie man denn überhaupt die comprimirte Luft weit weniger als die verdünnte anwendet. Oft wird dieselbe angewandt im Windkessel der Feuerspritzen und bei sonstigen hydraulischen Maschinen, bei den verschiedenen Arten der Gebläse u. s. w. Als blofse Spielwerke kann man die Heronsbälle und ähnliche Apparate zu betrachten, vermittelst derer man das Wasser durch verdichtete Luft aus feinen Röhrchen springen läfst, wie ein solcher nach der gewöhnlichen Construction aus der blofsen Zeichnung hinlänglich bekannt ist, und leicht auf mannigfaltige Weise, theils rücksichtlich des Gefäßes A, worin sich das Wasser und die comprimirte Luft befindet, theils hinsichtlich des Spritzen-Rohres b und seiner verschiedenen und vielfach gestalteten Oeffnungen abgeändert werden kann².

2. Compressionsmaschinen für Wasser.

Unter die Compressionsmaschinen können auch diejenigen Apparate gerechnet werden, deren man sich bedient hat, um die

1 Vergl. *Manometer*.

2 Ueber den Einfluß der verdichteten Luft auf organische Wesen, auf die Stärke des Schalles, des Verbrennens u. s. w. wird an den geeigneten Stellen gehandelt.

elasticität des Wassers zu erforschen. Die Mitglieder der *Academia del Cimento* bedienten sich zuerst der Kugeln, die anfangs von Glas, nachher von Kupfer mit gläsernen Hüllen machten, erkälteten das Wasser darin und dehnten es dann durch Wärme aus, wobei die Röhren oder die Kugeln zerbrachen. Auch durch die Dämpfe des Wassers suchten sie das Wasser zu comprimiren, eine Vorrichtung, welche später ROBERT BOYLE wieder in Vorschlag gebracht hat ¹. Nachher nahmen sie das Wasser in starke gläserne Röhren, worin eine sehr lange Röhre so gesenkt war, daß Quecksilber unter das Wasser trat, ohne daß letzteres oben entweichen konnte, und drückten es auf diese Weise durch eine vier Ellen hohe Quecksilbersäule, ohne Verminderung des Volumens wahrzunehmen. Auch schlossen sie dasselbe in silberne Kugeln ein, schroben sie mit einem Deckel zu und verlötheten diesen, hämmerten sie dann zusammen, wodurch das Wasser, wie sie meinten, durch die Poren des Metalles zu durchdringen gezwungen wurde ². ROBERT BOYLE von VERULAM hatte diesen Versuch mit bleiernen Kugeln in der Art angestellt, daß er sie mit Wasser füllte, sie zuschmolz und zwischen einem Schraubstocke platt drückte, wobei ihm gleichfalls das Wasser durch die Poren des Metalles zu dringen schien ³. MUSSCHENBROEK wiederholte dieses Experiment mit bleiernen und zinnernen Kugeln, und erhielt das gleiche Resultat ⁴, zeigte auch sehr richtig, daß das von ROBERT BOYLE FABRY und BOYLE ⁵ beobachtete fontainenartige Ausströmen des Wassers aus solchen Kugeln nach der Eröffnung einer kleinen Oeffnung eine Folge der Elasticität des Metalles, aber nicht des Wassers sey. DU HAMEL ⁶ nahm eine bloße Compressionspumpe, um mit dem Stempel derselben das Wasser zusammenzudrücken.

In England bediente man sich, um zu zeigen, daß das

¹ Pfaff und Friedländers J. St. V. p. 76.

² Musschenbroek Tent. Exper. cet. II. 59. Vergl. Saggi di naturae esperienze, fatte nell' Academia di Cimento cet. 1661. fol. p. 197.

³ Opera omn. transl. op. S. I. Arnoldi. Lips. 1694. fol. p. 390.

⁴ a. a. O. p. 65.

⁵ Vergl. Boyle Opp. Var. Genevae 1677. 4. exp. XX.

⁶ Philosophia Vetus et Nova. Par. 1681. 4. Lib. III. cap. 4.

Wasser nicht compressibel sey, zinnener Kugeln mit einem leeren Aufsatze, worin eine weibliche Schraube geschnitten. Die Kugel wurde mit Wasser gefüllt, dann eine eiserne weibliche Schraube hineingeschoben, worauf das Wasser theilweise durch das Metall drang oder in sehr feinen Strahlen ausspritzte. Eine solche erhielt HOLLMANN von SHAW in England, und leitete das Durchdringen des Wassers von der Dichtigkeit des Metalles her ¹, LICHTENBERG aber erklärte dasselben in seinen Vorlesungen richtiger aus einem Zerreißen des Metalles. FONTANA ² bediente sich zur Compression des Wassers hohlen metallenen Cylinders mit einem viereckten Aufsatz aus starken Glasplatten. Hierin stand ein Gefäß mit Wasser, welches in ein Haarröhrchen endete; die Luft um dasselbe wurde durch eine gemeine Compressionspumpe verdichtet, und das Wasser in dem durch die Glasplatten gesehenen Haarröhrchen. Eines ähnlichen Apparates bediente sich CANTON, um die Compressibilität verschiedener Flüssigkeiten zu untersuchen, nämlich einer Kugel mit einem langen und engen Rohre, dessen Inhaltsverhältniß genau untersucht war. Diese füllte man mit den zu untersuchenden Flüssigkeiten, brachte sie dann unter eine Luftpumpe, dann eine Condensationspumpe, und maß, wie viel sie sich durch Entfernung des Luftdruckes dehnten, demnächst aber durch den einfachen und doppelten Luftdruck zusammengedrückt wurden ³.

Diese letzteren Vorrichtungen sind für ihren Zweck Widerrede die vorzüglichern, und verdienen vor verschiedenen andern den Vorzug. Dahin gehört vorzüglich die durch BERGER ⁴ und NOLLET ⁵ gebrauchte Glasröhre, welche nach der Mariotteschen gekrümmt war, aber im kürzeren Schenkel Wasser statt Luft, und im längeren das zusammengedrückte Quecksilber enthielt, wobei es in die Augen fallend ist, daß die geringe Elasticität des Wassers wegen der größeren des Quecksilbers nicht genau beobachtet werden kann. Eben diesem Fehl-

¹ Sylloge Comment. Gott. 1762. 4. p. 34.

² Journ. des Sçavans. 1777. Juillet.

³ Phil. Trans. 1762. p. 640. 1764. p. 261. Hamb. Mag. X

⁴ Elementa Physices. p. 171.

⁵ Leçons de Phys. I. 122.

1. Ist auch diejenige Compressionsmaschine, wodurch Abich
 bekannten Versuche angestellt hat ¹. Sie besteht aus dem Fig.
 messingen Stiefel CCCC welcher oben und unten enger, in ^{80.}
 Mitte weiter ausgebohrt ist. Oben befindet sich die eiserne
 Platte PQRS, durch welche die Stange T geht, unten mit
 Fett gekochten ledernen Scheiben versehen, deren Schlie-
 ßen, wenn sie durch die eiserne Platte $\alpha\beta$ zusammengeschro-
 ben, einen solchen Grad der Genauigkeit erreichte, daß
 deren Ueberwindung der Reibung 80 & Kraft erfordert
 war. Indem daher hierdurch auch die Luft comprimirt
 werden mußte, war unten das eiserne, mit Leder umgebene
 Ventil n angebracht, welches vermittlest der aufliegenden
 Leder Scheibe uu und der Schraube v festgeschraubt wurde,
 so daß die Maschine umgekehrt, und von unten mit Wasser
 gefüllt war. Auf das obere Ende der Stange T drückte anfangs
 eine Schraube, nachher der leichteren Rechnung wegen ein He-
 bel mit einem Gewichte an seinem Ende, und aus der Tiefe,
 in die der Embolus niedergedrückt werden konnte, und
 dem Inhalte des Stiefels wurde die Stärke der Zusammendrückung
 durch ein gegebenes Gewicht berechnet. Man sieht bald, daß
 wegen der Elasticität des messingen Stiefels und des, wenn
 noch so geringen Eindringens von Wasser zwischen den
 Platten die Compression des Wassers nie genau gefunden wer-
 den kann. Eben diesem Fehler unterliegt die durch C. H.
 2. vorgeschlagene Compressionsmaschine, welche aus ei-
 ner eisernen Flasche A und einem damit verbundenen langen Fig.
 Rohr B besteht. Wird die erstere mit Wasser gefüllt, auf wel- ^{81.}
 che in dem letzteren befindliche Quecksilbersäule von ver-
 bestimmter Höhe drückt, so wird das Wasser comprimirt. Ver-
 setzt man demnächst den Hahn b und öffnet den Hahn a,
 so steigt das Wasser im Haarröhrchen C um so viel, als seine
 Zusammendrückung beträgt ³.

Ueber d. Elasticität des Wassers u. s. w. von E. A. W. Zimmer-
 Leipz. 1779. 8.

G. LXXII. 161.

Der Apparat, obgleich in seiner jetzigen Einrichtung aus dem
 oben benannten Grunde unbrauchbar, ist deswegen aufgenommen, weil er
 leicht so abändern läßt, daß die Elasticität des Gefäßes A von

Dem hier gerügten Fehler unterliegen die beiden folgenden Apparate nicht.

Fig. 82. PERKINS *Piezometer* ¹ besteht aus einem wasserdichten metallenen hohlen Cylinder A, auf welchen der Deckel C festgeschoben wird. In dem letzteren bewegt sich wasserdicht der Cylinder D, dessen verhältnißmäßige Gröfse gegen den Inhalt des hohlen Cylinders bekannt seyn muß. Durch einen starken äufseren Druck wird dieser Cylinder in den gröfseren, mit Wasser gefüllten, bis zu einer Tiefe eingedrückt, welche der federnde Ring a anzeigt, und hieraus die Compression berechnet.

Diesen Cylinder setzte PERKINS in einen Kanonenlauf in einem Deckel, worin sich eine Compressionspumpe und ein Ventil befand, welches durch aufgehängte Gewichte, für je eine Atmosphäre 1 &, die Stärke des Druckes angab. Ein Druck von 100 Atmosphären zeigte eine Zusammendrückung von 0,01 des Wassers, und eben dieses Resultat wurde erhalten, als PERKINS das Instrument bis zu einer Tiefe von 500 fathoms (300 F. engl.) in die See herabsenkte.

Fig. 83. Um indess die Reibung und Zusammendrückung des Leders um den Cylinder D in der Lederbüchse zu vermeiden, verfertigte PERKINS ein anderes Instrument. Dieses besteht aus einem eisernen, in der Mitte etwas zusammengedrückten Cylinder A, in welchen die mit einem genau schließenden Ventile verschlossene Röhre E führt. Das Instrument wird mit Wasser gefüllt, dann in eine Wasserpresse gesetzt, und die Menge des durch einen gemessenen Druck eingedrungenen Wassers nach der Herausnahme durch das Gewicht bestimmt. Ein Druck von 326 Atmosphären hatte die Menge des Wassers um 0,035 vermehrt.

Sehr genaue Versuche mit einem, dem Cantonschen ähnlichen Apparate, stellte OERSTEDT ² an, und nahm zur Umge-

keinem weiteren Einflusse bleibt, z. B. wenn man Wasser zugleich in Gefäße A und um dasselbe zusammendrückt, den Einfluß des letzteren aber nach dem Verschließen des Hahnes b und vor dem Öffnen von a aufhöbe.

1 Phil. Trans. 1820. 324. G. LXXII. 173.

2 Denkschriften der Copenhagener Soc. 1822. Annals of Philosophy 1823. Jan. 53.

ung der Röhre, worin die Compression vorgenommen wurde, gleichfalls Wasser, um dem Einwurfe zu entgehen, daß bei je-
 den Versuchen durch die Compression der Luft Wärme entwik-
 elt sey. Indefs wird bei langsamer Compression nur wenig
 Wärme ausgeschieden, und diese bald wieder abgeleitet, wenn
 der Apparat eine Zeitlang ruhig steht; weswegen CANTONS Vor-
 richtung in so fern vorzüglicher ist, als sie dagegen sichert,
 daß sich nicht durch die Gesetze der Anziehung etwas Wasser
 über dem sperrenden Quecksilber vorbeidrängt. OERSTEDT's
 Apparat bestand aus einer starken Glasröhre A B C D auf einem Fig.
 eisernen Fusse. Oben auf dieselbe war eine messingne Fassung 84.
 geschittet, und eine in diese gehende Schraube F comprimirte
 das Wasser in der Röhre. In dieser letzteren stand ein bleier-
 ner Cylinder d mit Drähten, welche die Scalen trugen. Das
 eiserne Gefäß a, zur Messung der Compression bestimmt, war
 mit Wasser gefüllt, und endigte in ein feines Haarröhrchen,
 dessen 1 Lin. nur 0,000005501 vom Inhalte der Flasche aus-
 machte. Das Wasser in derselben war oben durch ein wenig
 Quecksilber gesperrt, um die Grenze desselben bei der Zusam-
 mendrückung genau zu bezeichnen. Neben dieser Röhre war
 eine andere e f mit Luft gefüllt und mit Quecksilber gesperrt,
 um nach dem mariotteschen Gesetze den Grad der Zusammen-
 drückung zu messen. In wiederholten Versuchen, wobei die
 Compression bis zum fünffachen Drucke der Atmosphäre bei
 50° Temp. getrieben wurde, fand OERSTEDT 1. daß der Grad
 der Zusammendrückung der zusammendrückenden Kraft direct
 proportional ist, und 2. daß das Gewicht einer Atmosphäre
 das Volumen des Wassers um 0,000047 vermindert. Aus dem
 letzten Satze wäre also die vollständige Elasticität des Wassers
 als erwiesen anzusehen ¹.

8. Allgemeine Compressionsmaschinen.

Die meisten der bisher angegebenen Compressionsmaschinen
 lassen sich zwar sowohl zur Zusammendrückung der expansiblen
 als auch der tropfbaren Flüssigkeiten anwenden, indess
 giebt es auch andere, welche ursprünglich für einen solchen

¹ Vergl. *Elasticität*.

allgemeinen Gebrauch construirt sind, und es läßt sich auf dem die Zahl dieser Apparate nach den einmal bestehenden Grundsätzen leicht vervielfältigen. Eine solche ist die, nächst zum Filtriren, Aussüßen u. s. w. bestimmte, aber auch zum allgemeinen Gebrauche einzurichtende Druckpumpe,

Fig. 85. die REPSOLD verfertigt und G. EMCKE beschrieben hat ¹.

ist ein Dom von getriebenem Kupfer ² unten luftdicht auf einen metallenen Teller geschoben, oben mit einem Ventil versehen, wovon jeder Einschnitt zwei Atmosphären spricht. Unter diesen werden die Gefäße mit denjenigen Substanzen gesetzt, auf welche man den Druck der Luft oder Wassers wirken lassen will. Die Druckpumpe II mit ihrem Mechanismus ist aus der Zeichnung kenntlich. Außerdem befindet sich bei m ein Hahn, und bei c eine mit einem Ventil verschlossene Zuleitung, durch welche Luft oder Flüssigkeit in den Zuleitungs-Canal gelangen, und vermittelst der Compressionspumpe unter den Recipienten gepreßt werden können.

Weil man in den neuesten Zeiten schon verschiedene Gattungen durch hohen Druck tropfbar flüssig gemacht hat, auf dem aber eine sehr starke Compression höchst wahrscheinlich manche Processe der Verbindungen, Krystallisationen u. s. w. bedingt; so muß daran gelegen seyn, die Zusammendrücke der expansibelen und tropfbaren Flüssigkeiten möglichst zu treiben. Eine hierzu bestimmte Maschine lasse ich gegenwärtig ausführen, und kann daher vorläufig nur die Idee angeben. Es sind hierzu bestimmt zwei allerdings schwer zu verfertigende Cylinder von Glas, 8 Z. im Durchmesser haltend, 3 Z. hoch mit einer Oeffnung von 2 Z. Daß das Glas die unformliche Dicke ungeachtet noch hinlänglich durchsichtig geblieben ist, zeigt die Möglichkeit der Ausführung, und vielleicht lassen sich auch solche Cylinder von 6 oder gar 8 Z. Höhe verfertigen, welches ungleich besser seyn würde, als die Cylinder, nachdem sie auf beiden Seiten eben geschliffen sind, ver-

¹ Schweigg. J. XXXI. 90.

² Für einen allgemeinen Gebrauch müßte statt dessen ein gläserner hohler Cylinder von hinlänglicher Stärke genommen werden, die im Innern vorgehenden Veränderungen wahrnehmen zu können.

mit zwischenliegendem Leder und Terpentin, oder einem andern Kitt aufeinander zu legen, um die grössere Höhe zu erhalten. Die übrige Construction ergibt sich von selbst, und es ist darin, daß dieser Glaszylinder oben und unten hinlänglich starke, wenigstens einen Zoll dicke, fest aufgekittete und mit Schrauben gesicherte Deckel erhält, wovon der obere mit einer geeigneten Compressionspumpe versehen werden muß, um den Embolus mit einer Schraube niedergedrückt, dem Entfuge nach eine Compression von 500 bis 1000 Atmosphären zu bringen soll. Der innere Raum wird dann mit Wasser gefüllt, das Gefäß mit der zu comprimirenden Substanz hineingebracht, und durch Hineinpressen von Wasser die Compression bewirkt, wobei vorläufig der Grad der Zusammendrückung mittelst einer kleinen Röhre, worin die Luft durch Quecksilber gesperrt ist, nach dem Mariotteschen Gesetze gemessen werden soll.

M.

Concavgläser.

Concavgläser; *Vitra concava, lentes concavae; Vitres concaves; Concave glasses, concave lenses;* diejenigen sphärisch geschliffenen Gläser, welche eine hohle Kugeloberfläche darbieten. Sie können an beiden Seiten concav oder an einer concav und an der andern eben oder gewölbt seyn. Auf beziehen sich die Namen, concav-concav, plan-concav, concav-convex. Die beiden ersten zerstreuen allemal Lichtstrahlen, und die letztern thun eben dieses dann, wenn die Erhabenheit einem größern Durchmesser als die Höhlung gleich kommt.¹

B.

Concavspiegel. S. Hohlspiegel.

Condensator der Elektrizität.

Condensator electricitatis; Condensateur de l'électricité; Condenser. Dies ist ein von Volta im Jahre 1783 erfundenes, höchst nützliches Werkzeug, wodurch auch die schwächsten Grade der natürlichen sowohl als künstlich erzeugten Elektrizität merklich gemacht werden können.

¹ S. Linsengläser.

1. Geschichtliche Untersuchung.

Eine zufällige Beobachtung eines Liebhabers der Physik des MARQUIS BELLISONI in einem Zeitpunkte, wo VOLTA sich mit Untersuchung der Wirkung von Leitern auf einander der bloßen Annäherung beschäftigt war, leitete die Aufmerksamkeit des Letzteren auf die Erhöhung der Capacität für Elektrizität, welche man im Metalldeckel des Elektrophors nimmt, wenn er, statt auf den Harzkuchen gesetzt zu werden, auf einen unvollkommenen Leiter gelegt wird, und veranlaßte ihn, davon weiteren Gebrauch zu machen. Nach der ursprünglichen Einrichtung, die VOLTA dem Condensator gab, besteht derselbe aus zwei Haupttheilen: 1. einer Platte von einer leitenden oder schlechtleitenden Materie, 2. einem Deckel oder Teller, die sogenannte Collectorplatte, in welcher die Elektrizität verdichtet wird, von derselben Beschaffenheit, wie der Deckel oder die Trommel des Elektrophors, welche man mit seidenen Schnüren oder einem isolirenden Handgriffe von oben aufheben oder niederlassen kann.

Zur *Platte des Condensators* schlug VOLTA besonders die sogenannten *Halbleiter* vor, welche sich der Leiter und der elektrischen Körper oder der vollkommenen Isolatoren nähern, aber doch noch einige Leitung gewähren, namentlich Platten von trockenem und reinem, vorzüglich weißem, Alabaster wie den von Carrara (den gefleckten fand er weniger tauglich) von Alabaster, Achat, Chalcedon, Elfenbein, doch wenn es vorher scharf getrocknet war, Schildplatt, mit Wein getränktes, oder beinahe bis zum Rösten im Backofen erhitztes und gefirnishtes Holz, trockenes Leder, Pergament, Papier u. w. Die Platten von diesen Materien wurden von VOLTA unterlagen gesetzt, durch welche sie mit dem Erdboden in einer unvollkommenen leitender Verbindung sich befanden. Doch erinnerte VOLTA, daß man, statt der angegebenen *Halbleiter* zur Unterlage oder Basis des Condensators auch *vollkommen elektrisch* oder *isolirende Körper* gebrauchen könne, wofern sie nur einen guten mit der Erde verbundenen Leiter zu ihrer eigenen Unterlage hätten. Dazu schlug VOLTA ein mit Siegellack, oder Taffent oder Wachstaffent, oder mit einer dünnen Schicht eines guten Firnisses überzogenes Blech, oder sonstige Metalle

aus, auch Holz (wie eine Tischplatte) mit Siegelack, Leinwand oder Wachseleinwand überzogen, ölfarbene Gemälde, Leinwand, oder seidne Stoffe über Mauern, Tische und dergl. gemacht, kamelhärne und sehr trockene wollene Zeuge. Dem *Deckel* (der *Collector-Platte*) gab VOLTA ganz gleiche Einrichtung, wie die des Deckels des Elektrophors, wobei er als die Hauptbedingung seiner zweckmäßigen Beschaffenheit, die vollkommene Abrundung, Abwesenheit von Kanten und Schärfen und das genaueste Anpassen mit ganz glatter Oberfläche an die Unterlage aufstellte.

Eine noch einfachere Vorrichtung, deren sich VOLTA bediente, war, die Basis oder Unterlage zum Deckel oder zur Collector-Platte selbst zu machen, namentlich eine kleine rechteckige Marmor-Platte, mit Ausnahme ihrer untern Fläche, mit Leinwand zu überziehen, eben so die untere Fläche einer sonst mit Leinwand überzogenen recht ebenen Holzscheibe an ihrer untern Fläche mit einer Schicht von Siegelack oder Firnis oder einfachen oder doppelten Taffentlage zu versehen, wo es beim Gebrauche hinreichte, sie auf irgend eine ebene Fläche eines mit der Erde in Verbindung stehenden Leiters, eines Buchs, Tisches u. s. w. aufzusetzen, um die ganze Unterlage des Condensators zu haben.

Dabei der Anwendung einer mit einem isolirenden Ueberzuge von Firnis, Siegelack u. dgl. versehene Unterlage leicht die eigenthümliche Elektricität, wie beim Elektrophor, durch Aufsetzen und Andrücken der Collector-Platte erregt werden kann, worauf CAVALLO² aufmerksam machte, so schlug LAMBERG zur Vermeidung der dadurch entstehenden Unsicherheit des Werkzeuges eine Luftschicht statt jenes elektrischen Ueberzuges vor, wo freilich die Basis nicht mehr elektrostatisch wirken konnte, weil der Hauptkörper, aus welchem Strom besteht, die Luft, jeden Augenblick wechselt. LAMBERG gab hierzu folgende nähere Einrichtung an: Auf eine Holzplatte, wozu die äußere Seite jedes flachen zinnernen Gefäßes gebraucht werden kann, lege man drei Stückchen Glas, so wie man sie nur, z. B. aus zerschlagenem Fensterglase

zu groß ist, auch solche Stückchen gewöhnlich von ungleicher Dicke ausfallen, endlich die Ecken und scharfen Kanten benutzend zu einer Ueberführung der Elektrizität von einer Metalle zur andern Gelegenheit geben könnten. Mir wenigstens ist es nie mit dieser Einrichtung gelingen wollen. Auch zum Ueberzuge der Platten ist nicht zu empfehlen, weil solcher Condensator nicht mit sich selbst vergleichbar dem der mehr oder weniger starke Druck der Platten vermindert ihre Entfernung und eben damit den Grad der Induction wechseln machen kann. Eine Hauptsache ist, daß die Platten an der Fläche, mit welcher sie sich berühren, glatt seyen. Hat nur eine der beiden den Firnißüberzug, läuft man, wie vorsichtig man auch die eine Platte auf die andere aufsetzen mag, doch Gefahr, daß durch das Reiben der Metallfläche an der Firnißfläche, oder auch wohl durch den bloßen Druck, eine eigenthümliche, gleichsam elektrische Elektrizität erzeugt werde, welche alle Anzeigen des Condensators unsicher und zweideutig macht. Dies hat man nicht leicht zu befürchten, wenn beide Flächen mit dem Firniß überzogen sind, weil durch das Reiben gleichartiger Körper an einander nicht leicht Elektrizität erregt wird. kann man eben darum, wenn etwa der Firniß zu dick oder ungleichförmig auf die Platten aufgetragen seyn sollte, durch das Abreiben der Platten an einander, nachdem der Firniß gehörig getrocknet ist, die Schichten ganz eben und so glatt als man will, machen, ohne daß dadurch auf elektrische Art Elektrizität erregt wird. Für den Gebrauch ist es besser, die eine Platte, welche mit dem Erdboden in Verbindung stehen soll, und die andere an ihrer oberen Fläche mit einer handhabenden Handhabe, wozu eine wohl überfirnißte Glasstange am besten paßt, zu versehen. Die Zeichnung stellt die zweite Figur vor, wie sie auf einander ruhen, wenn die Elektrizität condensirt werden soll. Die Schraubenmutter der Collector-Platte A muß auch auf die Schraube in der Mitte der Messingplatte eines Bennetschen oder Bohnenbergerschen Elektrometers, um nöthigenfalls darauf geschraubt werden zu können, wie dann auch die Glasstange der Collector-Platte auf die andere Platte muß geschraubt werden können. Will man den Condensator bedienen, so setzt man die Platten auf

berührt dann den Körper, dessen elektrischen Zustand man kennen lernen will, mit dem Endknöpfchen a eines metallischen Drahts, der in den Rand der obern bei dieser Anwendungsart im Dienst des Collectors verkehrenden Platte befestigt ist, welche Einrichtung den Vortheil gewährt, daß man manche Körper leichter mit der Collector-Platte in Verbindung bringen kann, und zwar unterhält man diese Verbindung nach den Umständen kurze oder längere Zeit (von ein paar Secunden bis höchstens einige Minuten), wobei man besonders in den Fällen, wo Elektricitäten von sehr schwacher Spannung zu untersuchen sind, Sorge trägt, daß die Collector-Platte auf die untere gut gedrückt werde, worauf man nach aufgehobener Verbindung mit dem zu untersuchenden Körper das Instrument niedersetzt, und mit aller Bequemlichkeit die Collector-Platte in die Höhe hebt, und durch die Anbringung an ein Elektrometer die Elektricität derselben sowohl ihrer Stärke als ihrer Art nach, untersuchen zu können. Bei dem Aufheben der Platte ist besonders die Sorgfalt darauf zu verwenden, die Platten in so paralleler Lage als möglich von einander zu trennen, denn würde man die Collector-Platte in schiefer Richtung aufheben, so würde sich die Elektricität derselben in dem Theile, der der untern Platte am nächsten ist, anhäufen, und ihre Anhäufung könnte daselbst Funken nach der untern Platte veranlassen, wodurch die Collector-Platte plötzlich entladen würde. In den meisten Fällen wird der Gebrauch des Condensators dadurch bequemer, daß man die eine Platte auf ein Elektrometer schraubt, und diese Platte, welche nun als Collector-Platte dient, mit dem Körper oder dem Quell, dessen Elektricität man untersuchen will, durch den Metalldraht a in Verbindung setzt, während man die obere Platte, in die man die Handhabe der Collector-Platte nach der ersten Gebrauchsart eingeschraubt hat, mit dem Finger berührt, und dadurch eine Leitung nach dem Erdboden erhält. Nach hinlänglich lange unterhaltener Verbindung der Collector-Platte mit dem Elektricitätsquell hebt man dieselbe, und entfernt mit der oben angegebenen Vorsicht die obere Platte, worauf die frei gewordene Elektricität der untern Platte durch den Grad der Divergenz der Strohstäbchen oder Goldstäbchen ihre Stärke und bei Anwendung eines Bohnenberger'schen Elektrometers ohne weiteres durch den Pol, nach wel-

Fig.
87.

legenen Fläche die entgegengesetzte Elektricität auftreten, welche auf die Elektricität des genäherten Körpers selbst anziehend und dadurch sie in ihrer freien Wirksamkeit nach außen hin zurückwirkt, wodurch also gleichfalls die Intensität der vorhandenen Elektricität geschwächt, die Capacität des elektrisirten Körpers für neue Elektricität dagegen erhöht wird. Man z. B. die Trommel eines Elektrophors so stark elektrisirt, daß der Zeiger eines damit verbundenen Quadranten-Elektrometers z. B. bis auf 60 Grade steigt, und man alsdann die seidenen Schnüre gehaltene Trommel nach und nach auf den Tisch senkt, so wird der Zeiger des Elektrometers allmählig auf 50°, 40°, 30°, u. s. w. fallen. Hebt man aber die Trommel wieder auf, so steigt das Elektrometer wieder auf den vorigen Grad, den Verlust von Elektricität abgerechnet, welcher durch die Feuchtigkeit der Luft, oder andere zufällige Ursachen (z. B. unmerkliche Ecken, Schärfen) veranlaßt werden können. Man setze die Trommel des Elektrophors sey elektrisirt oder habe $+E$, so wird dieses $+E$ bei der Berührung an den Tisch einen Theil der in diesem Tische befindlichen $-E$ anziehen und binden. Dadurch wird eben so, als wenn von dem $+E$ des Tisches frei, und da es durch den übrigen Theil des Tisches einen freien Abfluß in die Erde hat, so daß es durch seine etwaige Anhäufung jener Wirkung des $+E$ der Trommel sich nicht entgegensetzen, welches Zurückweichen durch das Uebergewicht des $+E$ der Trommel zu Stande kommt. Das auf dieses Anziehen und Binden des $-E$ des Tisches verwendete $+E$ der Trommel kann eben darum, weil es verwendet, von jenem $-E$ gegenseitig gebunden ist, nicht mehr auf das Elektrometer wirken, dessen Zeiger also allmählig fallen muß. Es ist aber darum nicht verloren gegangen und zeigt sich wieder in seiner freien Wirksamkeit, wenn die Trommel wieder vom Tische entfernt wird, weil jene wechselseitige Anziehung mit der Entfernung abnimmt. Die von dieser Wechselwirkung abhängige Zunahme der Capacität und der Capacität der Trommel in Beziehung auf die von ihr aufgenommene und aufgenommene Elektricität wird also im Augenblicke der wirklichen Berührung am stärksten seyn, wofern nur verhindert werden kann, daß eine wirkliche Mittheilung oder Uebergang der Elektricität vorgehe. Um diesen Ueb

an die Bedingungen um so günstiger sind, je mehr die
ng zunimmt, zu verhüten, muß man sowohl den
en Körper, als auch den Leiter, dem er genähert wird,
ls möglich, mit Vermeidung aller hervorragenden
harfter Ecken u. s. w. machen, und entweder durch
eines Halbleiters als Unterlage, oder durch eine dün-
t eines Isolators einen der Intensität der Elektricität
nen Widerstand entgegensetzen. Ein sogenannter
, wie z. B. eine recht trockene Marmorplatte, besitzt,
latter und ebener Oberfläche, welche mit dem elek-
leiter in Berührung kommt, diese Eigenschaft, dem
e einer an sich schwachen Elektricität, wie diejenige
die man durch Hülfe des Condensators merklich
ill, einen hinlänglichen Widerstand entgegensetzen,
m die vertheilende Wirkung derselben zu verhindern,
er die Erhöhung der Capacität und Tenacität des
en Körpers für Elektricität beruht. Noch sicherer
r Zweck durch eine Schicht eines vollkommenen Naht-
reicht, die nur hinlänglich dünn seyn muß, um die
iten einander nahe genug zu bringen, und wenn eine
irnifs dazu genommen wird, viel dünner seyn kann,
Luftschicht, die bei gleicher Dünne einen viel gerin-
derstand dem wirklichen Uebergange entgegensetzt.
ungen eines so eingerichteten Condensators sind, zu-
chwachen Graden der Elektricität unglaublich groß.
auf die Tenacität bemerkt VOLTA, daß die Elektrici-
ckels, die sich in der Luft binnen wenig Minuten zer-
ürde, sich auf der Platte des Condensators mehrere
lang erhalte, ja sogar durch die Berührung mit Lei-
weggenommen werde. Er konnte an die Collector-
s Condensators den Finger oder ein Metallstäbchen
den lang anhalten, oder mit einem Schlüssel 50 bis
uran schlagen, ohne ihr alle Elektricität zu entziehen.
el gab vielmehr nach dem Aufziehen noch einen be-
en Funken. Da man gewöhnlich das Isoliren als das
ittel zur Erhaltung der mitgetheilten Elektricität an-
scheint es paradox, daß man hier durch ein höchst
menes Isoliren mehr als durch das vollkommenste
richtet, daß man sogar desto mehr ausrichtet, je un-

vollkommener die Isolirung, d. h. je genauer die Berührung mit der Unterlage, und je vollkommener die Leitung derselben mit der Erde ist. Das Räthsel löst sich durch die gegebene Erklärung sehr leicht auf, und es nur darauf an, Vertheilung der Elektricität durch Attractionswirkung von Mittheilung und Uebergang derselben zu scheiden, welches überhaupt der Schlüssel zu den vorhin Geheimnissen der Elektricitätslehre ist. Da die Elektricität sich um so leichter auch bei vollkommener Isolirung ausbreitet, auch in der reinsten Luft schwebenden Staube und durch die auch bei der vollkommensten Polirung nicht zu beseitigenden feinen Hervorragungen zerstreut, je höher ihre Spannung ist, so muß der davon abhängige Elektricitätsverlust nothwendig beim Aufliegen der elektrisirten Platte auf einer Unterlage geringer werden, weil die Spannung der Elektricität so sehr geschwächt wird, und diese geringe Capacität hat dem Condensator auch den Namen eines *Condensators der Elektricität* verschafft.

Was die Capacität betrifft, so kann der aufgesetzte Condensator, wenn er durch den Conductor einer Maschine, oder durch eine geladene Flasche u. s. w. elektrisirt wird, weit mehr Elektricität als sonst annehmen. Er zeigt zwar, so lange er auf der untern Platte steht, wenig oder gar nichts von dieser Elektricität, hebt man ihn aber auf, so wird sie sogleich in ihrer ganzen Stärke sichtbar. Man kann daher sehr geringe Mengen der Elektricität merklich machen, weil der Deckel vertrieben wird, sich durch eine, ihrer Spannung nach sehr starke Elektricität, wenn nur ein hinlänglicher Vorrath davon vorhanden ist, zu einer viel höheren Spannung laden zu lassen. Wenn man eine Leidner Flasche entladen und durch einen Conductor, auch wohl dritte Berührung allen Ueberschuß an Elektricität herausgezogen hat, so ist nicht daran zu denken, daß aus ihr noch einen Funken erhalten sollte; wenn sie aber noch einen leichten Faden anzieht (welches eine gute Leidner Flasche nach der Entladung und zweimaligen Berührung ganze Stunden und Tage lang thut), so giebt sie den Beweis, daß der Condensator noch genug Elektricität, um nach Aufheben desselben noch einen merklichen Funken zu erhalten. Man kann ihn zum zweitenmale mit dem Knopfe der Flasche

man aufgezogen einen zweiten Funken, und wird endlich die Kraft der Flasche so sehr erschöpft, daß sie nicht einmal sehr leichte Fäden anzieht und die feinsten Goldblättchen zu einiger Divergenz bringt, so kann man sie doch noch den Condensator bemerken, dessen Deckel nach der Berührung mit dem Knopfe der Flasche von seiner Unterlage entweder keine Funken geben, aber doch Fäden anziehen, bloß die Goldblättchen, sondern selbst die Strohhalme voneinander treiben wird. Dieser Versuch dient zugleich zur Messung der Kraft eines Condensators und zur Messung derselben. Bei starken Graden der Elektricität vergrößern sich die Kräfte des Condensators nicht verhältnißmäßig. Denn wenn die dem Deckel mitgetheilte Elektricität so stark wird, wie dem schwachen Widerstand der untern Platte, wenn diese aus einem Halbleiter besteht, oder der Firniß- oder Wachsschicht überwinden kann, so theilt sie sich derselben mit und zerstreut sich dadurch in die Erde.

Mathematische Bestimmung der condensirenden Kraft der Collector-Platte. Empirische Ausmittlung derselben.

Nach dem im Allgemeinen angegebenen Principe der Wirkung des Condensators läßt sich nun auch die condensirende Kraft, oder das Verhältniß, in welchem die Spannung der Collectorplatte mitgetheilten Elektricität aus einem beliebigen Quell in dieser Platte angehäuft und verdichtet wird, durch folgende Betrachtung zur genauen Berechnung in einem Ausdruck durch eine Formel bringen. Die Elektricität A , welche der Collector-Platte mitgetheilt wird, neutralisirt oder bindet auf eine geringe Entfernung eine Portion B der entgegengesetzter Elektricität in der unteren Platte, die mit dem Erdboden in Verbindung ist (bei der Vorrichtung, wo die Collector-Platte auf dem Elektrometer aufgeschraubt ist, bezeichnet das B auf die oben auf ruhende Platte, die mit der untern Platte in Berührung wird) und hindert dieselbe zu entweichen. Umgekehrt bindet wieder eine Portion A' von der Elektricität der Collector-Platte, und hebt ihre repulsive Kraft auf. Die Collector-Platte befindet sich also genau in dem Falle, als wenn sie bloß $A - A'$ freie Elektricität hätte, und folglich muß

sie fortfahren sich zu laden, bis diese Quantität derjenigen welche sie den Leitern entzogen haben würde, mit denen Verbindung steht, wenn sie allein, ohne den Einfluss der Platte mit ihnen communicirt hätte. Es sey demnach E die Ladung unter diesen Umständen, so wird man an der Grenze haben $E = A - A'$. Das Verhältniß von A zu $-B$ und von A' zu A hängt von der mehr oder weniger großen Entfernung ab, welche zwischen den Platten statt findet. Unter allen Umständen muß aber $-B$ schwächer seyn als A , und zwar, daß wenn $A +$, und $B -$ ist, die beiden Quantitäten mit einander in unmittelbare Berührung gebracht einen Ueberschuß von $+$ geben. Denn die Anziehung der Theilchen von $+$ auf die Theilchen von $-B$ muß nothwendig in der Entfernung geringer seyn, als sie in der Berührung seyn würde. Da aber durch die nicht leitende Firnißschicht hindurch $-B$ nicht kommen neutralisiren, so müssen sie durch ihre größere Entfernung die Schwächung ihrer Wirkung, die von der Entfernung abhört, ausgleichen. Drückt man das Verhältniß dieser beiden Größen durch m aus, so daß man $B = -m A$ oder $B + m A = 0$ hat, so wird m nothwendig ein ächter Bruch und kleiner als die Einheit seyn. Auf gleiche Weise nun wie A das $-B$ durch die Dicke der isolirenden Schicht hindurch bindet, ist in A' eine Portion A' welche durch $-B$ neutralisirt wird, und die Art zu wirken hier ganz genau dieselbe ist, so wird das Verhältniß der Sättigung auch ganz dasselbe seyn, so daß auch $A' = -m B$ oder $A' + m B = 0$ ist. Schafft man aus dieser Gleichung mittelst seines obigen Werthes $m A$ B hinweg, so folgt daraus $A' = m^2 A$, und folglich wird die Gleichung, welche oben für die Grenze der Ladung des Condensators gefunden wurde

$$E = (1 - m^2) A; \text{ und so giebt } \frac{A}{E} = \frac{1}{1 - m^2} \text{ das}$$

Verhältniß der Ladungen, welche die Collector - Platte durch Berührung mit den nämlichen elektrisirten Leitern mit oder ohne den Einfluss der untern (mit dem Erdboden in Verbindung stehenden) Platte erhält. Dieses Verhältniß ist also

Maß der condensirenden Kraft, die sich folglich durch $\frac{1}{1 - m^2}$

findet. Ist z. B. $m = 0,99$ d. h. binden 100 Theile
Elektricität in der einen Platte 99 in der andern durch die
die Schicht hindurch; so wird man, wenn man für m
Werth setzt $\frac{1}{1-m^2} = 50$ haben, so daß also unter

Einflusse der untern Platte die Collector-Platte mit irgend
unerschöpflichen Quell von Elektricität in Verbindung
50mal mehr Elektricität aufnehmen wird, als wenn sie
ne diesen Einfluß damit in Verbindung befunden hätte.
Bestimmung der condensirenden Kraft eines solchen Instru-
educirt sich demnach alles darauf, den Bruch m auszu-
Zu diesem Behuf ladet man den Condensator mit ir-
der gegebenen Menge Elektricität, wobei aber beide Plat-
isolirenden Handgriffen versehen seyn müssen, und rührt
d. der Ladung die eine Platte mit dem Erdboden in Ver-
g. gesetzt, diese aber dann wieder aufgehoben wird, und
dann nach der Reihe jede der beiden Platten mit dem
Puncte ihrer Oberfläche mit einem, die Stärke der Elek-
messenden Apparate z. B. der Prüfungsscheibe der elek-
Waage Coulombs ² in Berührung. Dadurch erfährt
welches an diesem Puncte das Verhältniß der Spannung
elektrischen Schichten ist, und da die Platten von gleicher
sind, so wird dieses Verhältniß auch zugleich das Ver-
hältniß der totalen Quantität ihrer Elektricitäten seyn. Nach
diesem Verhältnisse ist nun, wenn die der Collector-Platte
ist, die der untern Platte $= -m A$. Dividirt man die
durch die erste, so hat man m , worauf man $\frac{1}{1-m^2}$, d.

condensirende Kraft berechnen kann.

Man kann aber auch einfacher und ohne elektrische Waage,
ein nicht leicht in gehöriger Vollkommenheit zu erhal-
Instrument ist, hinreichend genug die condensirende
durch *correspondirende Elektrometer* bestimmen, von denen
viele des einen Vielfache der Grade des andern sind. Man
kann eine solche Reihe von Elektrometern, von dem em-
pfehltesten Goldblattelektrometer ausgehend, leicht durch

Hülfe einer Volta'schen Säule und irgend eines recht gleichmässig wirkenden Condensators verschaffen, indem man die arithmetischer Progression wachsenden Spannungen einer solchen Säule vom ersten Plattenpaare ausgehend nach der Reihe an diesen Elektrometern, die für die höheren Grade von Sensibilitäten, welche an Dicke zunehmen, verfertigt sind, prüft, den jedem höheren Grade entsprechenden Elongationswinkel mit der Zahl des Plattenpaares bezeichnet, den Elongationswinkel, der die Spannung des ersten Plattenpaares misst, als Einheit annehmend. Alsdann darf man bloß eine Leidnersche von sehr großer Capacität anwenden, welche man eine mehrmalige Berührung so weit entladen hat, daß sie nur eine Spannung behält, die ohne Condensator am empfindlichsten Goldblattelektrometer einen oder zwei Grade beträgt. Durch Ladung des Condensators wird diese Spannung von der sehr großen Capacität der Flasche nicht abnehmen, indem man nun nach Aufhebung der Collectorplatte die Spannung derselben an einem der weniger empfindlichen Elektrometer z. B. einem Strohhalmelktrometer, dessen Scala etwa auf 300 oder 400 Grade des empfindlichsten Goldblattelektrometers reicht, prüft, dessen Grade in Graden des Goldblattelektrometers durch die vorhergegangene Regulirung ausdrückbar sind, so wird man dadurch das Verhältniß der Spannung der aufgehobenen Collectorplatte zur ursprünglichen Spannung des Elektrizitätsquells, und damit die condensirende Kraft kennen. Noch genauer würde diese Bestimmung, wenn man untersuchte, wie viele Plattenpaare über einander geschichtet werden müssen, um, wenn das eine Ende der aufgebauten Volta'schen Säule mit dem Erdboden in Verbindung ist, durch das andere Ende unmittelbar an einem Goldblattelektrometer die gleiche Spannung (die gleiche Divergenz der Goldblättchen) zu erhalten, die ein einzelnes Plattenpaar durch Hülfe des Condensators derselben condensirende Kraft bestimmt werden soll, zeigt. Die Zahl dieser Plattenpaare giebt dann unmittelbar die Condensationskraft an. Damit stimmt auch im wesentlichen BOHNENGER'S Anweisung überein¹, nur daß er sich einer Säule

¹ G. III. 363.

- und Silberpapier bedient, und zwar einer von etwa 1000 Paaren, welche schon eine sehr merkliche Divergenz am Goldblattelektrometer etwa von 10° hervorbringt, und dann Condensator mit einem Stücke dieser Säule in Verbindung und abermals die Spannung untersucht. Gesetzt 20 Platten hätten eine Spannung von 16° durch Hülfe des Condensators hervorgebracht, so würde dieses auf eine 80fache wirkende Kraft deuten, denn da die Spannung jener 20 Paare 50mal geringer als der der 1000 Plattenpaare ist, so müßte sie nur $\frac{1}{50}$ betragen; da nun aber der Condensator 16° zeigt, so muß sie 80mal verstärkt worden seyn. Ich erinnere mich, daß ich durch trockene Säulen nicht leicht eine beträchtliche Ladung in meinen Condensatoren hervorbringen konnte und daß bei dieser Art der Berechnung die Elektrometer regulirt seyn müssen, so daß ihre Grade ein genaues Verhältniß der Spannung durch ihre Größe im einfachen Verhältnisse unmittelbar geben. Bei dieser Bestimmungsart wird vorausgesetzt, daß die elektrische Spannung einer Volta'schen Säule in einer arithmetischen Progression mit der Zahl der Plattenpaare wachse. Meine empfindlichsten Condensatoren zeigten bei dieser Art der Prüfung eine 300fache condensirende Wirkung, indem das Goldblattelektrometer erst in Berührung mit 300 Plattenpaare einer gewöhnlichen mit Kochsalz auf einer Zink - Kupfersäule die gleiche Spannung zeigte, welche ein Plattenpaar durch Hülfe jener Condensatoren darstellen gab.

5. Doppelter Condensator.

Man kann die Elektricität des Condensators selbst noch durch Verbindung an die Collector - Platte eines zweiten kleinern Condensators merklich gemacht werden. Eine sehr zweckmäßige Einrichtung hiezu hat CUTHBERSON angegeben. Statt in horizontaler Lage befinden sich hier die Platten bei ihrem Gebrauche in verticaler Lage; aa und bb sind Messingscheiben von 8 Zoll Durchmesser. Die Platte bb ist an die mit einer Kugel von Messing e angeschraubt und wird auf einem Glasstabe c getragen, dessen unteres Ende in dem Fußstücke d befestigt ist. Die andere Platte aa wird von einer Messingstange f, die unten mit einem Charnier, und oben

mit einer Kugel, an welche die Platte angeschraubt, v
 ist, in parallerer Lage mit b b erhalten. Mittelst des Ch
 läßt sich diese Platte a a zurücklegen in die Lage, wie die
 tirten Linien g a, bezeichnen. Ein hervorragendes Sti
 Charnier hält die Platte auf, wenn sie in die gehörige L
 rallel mit b b gekommen ist, und erhält sie in ihr. K
 Kugel e befindet sich eine Mutterschraube, in welche s
 Stücke für drei Hauptversuche, die man mit dem Cond
 anstellen will, einschrauben lassen, ein kleiner messing
 cher, ein mit Stanniol überzogenes Stäbchen für die L
 tricität, und ein Messingdraht, der mit einem Gelenk v
 und bestimmt ist, die Condensatorplatte mit der Plat
 Volta'schen Säule in leitende Verbindung zu setzen. 2
 fseren Bequemlichkeit bedient man sich eines gewöl
 Fig. Goldblattelektrometers, woran der kleine Condensato
 89. bracht ist, dessen Scheiben 1",5 im Durchmesser haben
 eine an die messingne Deckplatte des Elektrometers ange
 ist, die andere an einen Messingstab, welcher unten auf
 Weise, wie am größern Condensator, mit einem Charni
 sehen ist, um die Scheibe niederlegen zu können, und
 Fusse des Elektrometers festsetzt. Beide Instrumente las
 einzeln und in Verbindung mit andern gebrauchen. E
 der Versuch (wenn nämlich der einzelne Condensator
 merklichen Ausschlag giebt) beide Condensatoren, so
 Fig. sie mit einander verbunden. Die feste Platte b b des g
 90. Condensators muß zu dem Ende an der Seite mit eine
 singstifte α versehen seyn, der in ein Loch am Rande d
 Fig. lector-Platte b b des kleinen Condensators gut paßt. W
 91. z. B. die Elektrizität, die durch einen, mit Luftentwi
 verbundenen chemischen Proceß erregt wird, untersuc
 schraubt man das Schälchen auf die Kugel des großen
 sators, und setzt in dasselbe eine Glas- oder Porcell
 mit den Materien, welche jene Luftentwicklung geben
 z. B. Kreide und verdünnte Schwefelsäure, und verbin
 auf beide Condensatoren. Hat das Aufbrausen begon
 Fig. schlägt man die bewegliche Platte a a des großen Cond
 88. in die punctirte Lage zurück, und wenn viel Elektrizität
 ist, so divergiren jetzt schon die Goldblättchen; wo
 schlägt man nun auch die eine Platte des kleinen Cond

rück, wo unfehlbar in obigem Falle Spuren von Elektricität zeigen werden. Man kann übrigens einen solchen doppel-Condensator aus Scheiben, die mit einer dünnen Firnißschicht überzogen sind, und in horizontaler Lage auf einander gesetzt werden, anwenden, und er hat vor dem Cuthbersonschen den Vorzug, daß die freigewordene Elektricität der kleinen, auf das Elektrometer geschraubten Platte, gleichförmiger die Divergenz der Goldblättchen wirkt, während bei jener rechten Lage die Seitenwirkung der untern Hälfte der Platte, die dem Goldblättchen seitwärts gegenüber steht, wenigstens in etwas in einem entgegengesetzten Sinne thätig ist. Ein solcher Condensator mit einer Luftschicht ist außerdem ein Werkzeug, das schon einen sehr geübten Künstler zu seiner Fertigung erfordert.

Die Zunahme der Condensation durch einen solchen doppel-Condensator ergibt sich übrigens leicht durch folgende Betrachtung. Das Verhältniß der Flächen der beiden Condensatoren des kleinern und größern sey $1:m$. Es sey α die Spannung der Elektricität, welche erhöht werden soll, und die condensirende Kraft beider Condensatoren eines jeden für sich sey a . Trägt man $n \alpha$ auf die Collector-Platte des kleinern Condensators über, so hat man vor abgehobenem Deckel $\frac{n}{n+1} m \alpha$

nach abgehobenem Deckel $\frac{n}{n+1} m n \alpha$.

Gebrauch des Condensators und mit demselben im allgemeinen angestellte Versuche.

Der Condensator ist vorzüglich in denjenigen Fällen zur Vermittelung der Elektricität höchst brauchbar, wo zwar eine gewisse Quantität von Elektricität vorhanden, aber die Spannung oder Intensität derselben zu schwach ist, um auch das empfindlichste Elektrometer afficiren zu können. Dies gilt ganz besonders dann, wenn der Elektricitätsquell, aus welchem eine Elektricität von so schwacher Spannung ausgeht, ein uner schöpflicher ist, und wenn der Condensator nur vollkommen

eingerrichtet ist, so kann man dieselbe wohl 800 mal ver darstellen.

1. So dient der Condensator sehr vorthellhaft zur achtung der atmosphärischen Elektrizität, wenn man vor dazu aufgestellten Conductor einen Draht bis zur Coll Platte des Condensators führt, und einige Minuten mit dem in Verbindung läßt. VOLTA hat fast täglich und st auch an den heitersten Tagen Elektrizität in der Atmo gefunden, die für sich allein unfähig war, auch auf d pfindlichsten Elektrometer zu wirken. Ich bediene mich zu eines hölzernen Stabes, der aus zwei Stücken mit Charniere besteht, um ihn zusammenlegen zu können, und mit seinem untern durchbohrten Ende, von welchem schiefer Richtung ausgeht, frei um einen Zapfen eine überfirnissten Kugel, die sich auf einem gut isolirenden einer grossen Glasstange befindet, drehen und in alle Ri gen bringen läßt. An dem hölzernen Stabe geht von obern Ende bis nach unten ein Metalldraht, dessen zur Wirkung dadurch noch vermehrt wird, dafs man an sei einen brennenden Schwefelfaden bringt. Ohngeachtet di ge des Stabs nur 8 Fufs ist, so erhalte ich, auch we ihn zum Fenster des mittlern Stockwerkes meines Haus ausgehen lasse, die auffallendsten Spuren von Elektri Hülfe des Condensators in wenigen Secunden. Die zu eines Nordlichts sehr merkliche Luftelektrizität erkannt ta gleichfalls dadurch.

2. Vorzüglich hat man durch Hülfe des Condensat wichtige Thatsache ausgemittelt, dafs durch die blofse An stung des Wassers Elektrizität erzeugt wird, wobei die G aus welchen das Wasser verdunstet, mit freier negativer tricität geladen zurückbleiben, ein Zeichen, dafs der aufsteigende Dunst positiv elektrisirt ist, woraus sich die tricität der Wolken ¹ erklärt. Besonders auffallende Re erhält man, wenn das Wasser auf glühende Kohlen in isolirten Kohlenbecken gegossen wird, das mit der Coll Platte in Verbindung steht, die oft so stark dadurch ele

¹ Vergl. *Blitz*.

bed, daß man nach Aufhebung derselben Funken daraus ziehen kann, wie schon VOLTA im Jahre 1782 in Gemeinschaft mit mehreren englischen Physikern beobachtet hatte ¹. Hierher gehören wohl auch die Versuche über die beim Aufbrausen, bei der Entwicklung von Luftarten, besonders des Wasserstoffgases in Folge der Auflösung von Eisenfeile in verdünnter Schwefelsäure ², des Salpetergases bei Auflösung der Kupferfeile in Salpetersäure freiwerdende Elektricität, die gleich negativ ist, und wohl mehr der gleichzeitigen Ausdünstung dem chemischen Prozesse an sich selbst zuzuschreiben ist, spätere Versuche, namentlich von DAVY bewiesen haben, daß selbst durch den lebhaftesten Verbrennungsproceß des Phosphors oder Eisens im Sauerstoffgase durch Verbindung der Schwefelsäure mit Kali und andere ähnliche Prozesse keine freie Elektricität zum Vorschein kommt ³.

3. Auch zur Ausmittlung der eigenthümlichen Elektricität des menschlichen Körpers, ist der Condensator ungemein nützlich, wenn man sich auf ein Isolatorium stellt, und eine Zeit mit der auf das Elektrometer aufgeschraubten Collectorenplatte in Verbindung setzt, während die obere Platte mit dem Erdboden communicirt. SAUSSURE, der diese Elektricität gleich an dem durch Bewegung erhitzten menschlichen Körper wahrnahm, schrieb sie dem Reiben des Körpers an der Kleidung zu. Eine große Menge von Versuchen hat mir immer das Resultat gegeben, daß diese Elektricität ganz unabhängig von der angeführten Ursache ist, indem auch der entleerte Körper nach vorhergegangener Ruhe deutliche Spuren der Elektricität durch Hülfe des Condensators offenbart, und zwar positive, zum Beweise, daß sie nicht von der Ausdünstung abhängt, weil sie sonst negativ ausfallen müßte, daß mancherlei Umstände, welche die Verrichtungen des Körpers afficiren, krankhafte Affectionen u. dgl. einen großen Einfluß auf die Elektricität des Körpers äußern, und dieselbe nicht bloß ihrem Grade, sondern auch ihrer Qualität nach

1 J. d. P. XXII. 97. 98.

2 Volta a. a. O. p. 96. 97.

3 Gehlens Journ. V. 52.

Ausmittlung des Gesetzes, nach welchem die Elektricität der Volta'schen Säule wächst ².

Ein je empfindlicheres Werkzeug der Condensator, so mehr Vorsicht ist bei seinem Gebrauche nöthig, Einmischung einer fremdartigen Elektricität, die von ihm abhängen könnte, zu verhüten. Dies gilt namentlich der Ausmittlung der unter 3 und 4 aufgeführten Experimenten, indem nämlich die etwas stärkere Berührung der Condensator-Platte, besonders Stofs, Druck und noch mehr vorzüglich mit einem ideoelektrischen Körper in der selbst Elektricität erregt, die dann beim Aufheben der auf dem Erdboden communicirenden Platte zum Vorschein kommt. Durch das blofse Schlagen mit dem Flügel seines Hutes te VOLTA der Collector-Platte seines Condensators eine kleine Elektricität geben, dafs sie beim Aufheben von dem Leiter, auf welchem sie ruhte, einen bis zu einem Zehner (?) Funken gab.

Diese Eigenschaft des Condensators, die Elektricität sich latent zu machen, und nachher mit ihrer im Verhältnifs seiner Condensationskraft mehr oder weniger verstärkten Elektricität zu offenbaren, verschafft auch das Mittel, schwach geladenen Flasche noch mehrere Funken zu ziehen und sie bei Entladung der elektrischen Pistole bei dynamischen Versuchen mit VOLTA's Eudiometer zum Nachweis des Gasgemenges zu benutzen ³.

1 Vergl. Meckels deutsches Archiv für Physiologie III.

2 S. *Galvanismus*.

3 Aufser der angegebenen Literatur S. Volta's Condensator Elektricität in Leipziger Samml. zur Physik und Natur-Geschichte 2tes St. Nr. 1.

Conductor. s. Elektrisirmaschinen.

Consonanz. s. Ton.

Convexgläser.

erhabne Linsengläser; *Vitra convexa*, *lentes convexae*; *Verres convexes*; *Convex lenses*, sind die Gläser, welche sphärisch geschliffen, die erhabene Seite nach außen kehren. Sie heißen *convex-convex*, wenn beide Seiten erhaben geschliffen sind; *plan-convex*, wenn eine Seite eben, die andre erhaben ist, *concav-convex*, wenn eine Seite erhaben, die andere hohl ist; zu der letztern Art gehört auch der *Meniskus*, ein Glas, dessen Durchschnitt die Gestalt der sichelförmigen Mondscheibe hat. Die beiden ersten Arten von Gläsern sammeln die auffallenden parallelen Strahlen in einen Brennpunct, auch bei dem Meniskus findet dies statt, bei alle denjenigen *concav-convexen* Gläsern, deren concave Oberfläche einem kleinern Durchmesser als die concave gehört.¹

B.

Crownglas.

Crownglas; Crown-glass; *Crown glass*. Eine schöne Art von Tafelglas, die dadurch berühmt geworden ist, daß sie, seit DOLLOND die Verfertigung achromatischer Objectiv-Vergrößerung aus Crownglas und Flintglas zu Stande brachte, sich immer dieser Glasart zu demselben Zwecke bedient hat.

Das Crownglas zerstreut die verschiedenfarbigen Strahlen nicht so sehr, als das Flintglas und das durch ein Prisma aus dem ersteren hervorgebrachte prismatische Farbenbild ist viel kürzer als dasjenige, was durch ein gleiches Prisma aus Flintglas gebildet wird. Zwei Prismen aus diesen beiden Glasarten können daher von einer solchen Gestalt genommen werden, als sie verbunden ein farbenloses Bild geben, ohne daß die

Zusatz zu der Beschreibung eines neuen Elektrometers von A. BENNETT aus den Philos. Transact. LXXVII. ebend. IV. 4tes St. S. 427.

Le Condensateur in BIOT'S Traité de Physique expérimentale et mathématique. Tome II. p. 363.

1 Vergl. Linsengläser.

Brechung ganz aufgehoben wird. Hierauf beruht die Darstellung von Fernröhren, die den Gegenstand ohne Farbe zeigen. Das Brechungsverhältniß für Crown Glas giebt Brewster 0,652 bis 0,648 an; die Zerstreuung nur 0,020 der ganzen Brechung, statt daß sie beim Flintglas 0,029 bis 0,032 ist.

Culmination.

Culminatio, mediatio, transitus per meridianum passage par le méridien; *the transit*. Die Gestirne culminiren, wenn sie ihre größte Höhe (*culmen s. fastigium cus diurni*) erreichen, und da dies bei den Fixsternen in völliger Strenge, bei beweglichen Gestirnen wenigstens sehr genau dann geschieht, wenn sie im Mittagskreise sind, so sieht man Culmination und Durchgang durch den Meridian als gleichbedeutend an.

Wenn die gerade Aufsteigung und die Abweichung eines Sternes gegeben ist, so kann man sowohl die *Zeit der Culmination*, als auch die *Höhe im Meridian* berechnen. Verwandelt man nämlich seine Rectascension, vom wahren Aequinoctio an gerechnet, in Zeit, so hat man in Sternzeit die Zeit des Durchganges. Verlangt man diese Zeit der Culmination so angegeben, daß sie vom wahren Mittage an gerechnet werde, so muß man den Unterschied der Rectascension der Sonne und des Sternes suchen, und diesen, indem man 15 Grade auf die Stunde rechnet, in Sternzeit verwandelt oder wenn man mittlere Sonnenzeit haben will, die gefundene Sternzeit noch mit der Zahl multipliciren, welche Sternzeit auf mittlere Sonnenzeit zurückführt (oder 1 St. Sternzeit = $0^{\circ} 59' 50''$, 2 mittl. Zeit setzen); will man wahre Zeit haben, so muß man die gefundene Sternzeit um eine Größe, die der Länge des wahren Tages, auf den die Bestimmung fällt und der seit Mittag verflossenen Sternzeit proportional ist, corrigiren³.

1 S. *Prisma, achromatisches; Fernrohr, achromatisches*.

2 Brewster on new philosophical Instruments. p. 286. u. 319.

3 z. B. ein Stern culminirt 11 Stunden Sternzeit nach Mittage, dieser wahre Sonnentag aber, an dem die Beobachtung geschah, ist!

Um die *Zeit der Culmination* zu beobachten, dienen über alle die Mittel, wodurch man die Zeit des Durchgangs durch den Meridian bestimmt. Das gut aufgestellte Mittagsfernrohr oder der zugleich zu Höhenmessungen dienende Mikroskop ist am besten dazu. Er muß so befestigt seyn, daß ein Gestirn genau im Meridian ist, wenn es durch den Mittelpunkt des Fernrohrs geht. Bei der Sonne oder allen Himmelskörpern, die einen scheinbaren Durchmesser haben, beobachtet man den Antritt beider Ränder an dem Faden, und das Mittel zwischen ist die Culminationszeit des Mittelpunctes.

Ein sehr einfaches, aber nicht sehr genaues Mittel, um die Culmination zu beobachten, giebt das *Fadendreieck*. Man zieht von einem Punkte einer richtig gezogenen Mittagslinie einen verticalen Faden, und indem man diesen etwa über eine Elle laufen läßt, von dessen Endpuncte einen andern Faden zu einem zweiten Punkte der Mittagslinie. Bringt man nun das Dreieck in die Ebene dieses Dreiecks oder stellt es so, daß der Faden den andern verdeckt, so sind die Sterne, die nun zwischen beiden Fäden zugleich bedeckt werden, im Meridian. Will man die Sonne beobachten, so reicht es hin, zu beobachten, wenn der Schatten des Fadens auf die Mittagslinie fällt. Auf diese Weise zeigt auch der Zeiger der Sonnen-Uhr die Culmination der Sonne an. Eine genauere Bestimmung giebt der *Helioskop*, wo nämlich eine sehr kleine, in der Höhe liegende Oeffnung, die sich in der durch eine gezogene Mittagslinie gezogenen Vertical-Ebene befindet, das Licht der Sonne in ein finsternes Zimmer fallen läßt; das kleine Sonnenbild, welches sich aus den Strahlen des durch diese kleine Oeffnung eindringenden Lichtes auf der Ebene, wo die Mittagslinie gezogen ist, zeigt, rückt mit dem Fortgange der Sonne allmähig fort, und der Antritt beider Ränder an die Mittagslinie giebt eben so die Culminationszeit, wie der Antritt der Sonnenränder an den Faden des Mittagsfernrohrs.

Bei Gestirnen, die ihre Declination sehr schnell ändern, könnte es sich ereignen, daß sie nicht genau im Meridian ihre größte Höhe erreichten, aber der Fall, daß man aus diesem

erstunden 4 Min. so muß man 11 Sternstunden = 10 St. 58' 10" wahre Sonnenzeit rechnen.

Grunde die Culmination als erheblich verschieden vom Durchgange durch den Meridian unterscheiden müßte, kommt niemals vor. Die Berechnung der Zeit des Durchgangs den Meridian ist für den Mond oder ein anderes, mit einer Bewegung fortrückendes Gestirn, darum etwas schwieriger als oben angegeben ist, weil die Rectascension des Gestirns zur Zeit der Culmination erst dann genau bekannt ist, wenn man diese Zeit schon genau kennt. Es läßt sich leicht sehen, wie man diese Zeit anfangs annähernd, und dann genau findet. B.

Cyklus.

Cirkel, **Zeitkreis**; *Cyclus*; *Cycle*; *Cycle*; der Chronologie eine Reihe von Jahren, nach deren Beendigung dieselben Erscheinungen in derselben Ordnung wieder eintreten. Eine *Periode* ist zwar gleichfalls eine Reihe von Jahren, deren Beendigung gleiche Erscheinungen wieder eintreten; nach dem in der Chronologie eingeführten Sprachgebrauche man *Periode* einen größern Zeitraum, der mehrere *Cyclen* faßt.

In unserm Kalender werden der *Mondscirke*l, *Sonnencirke*l, und der *Indictionencirke*l angeführt.

Der Mondscirke

Der Mondscirke, *Cyclus lunae*, ist eine Reihe von 19 Jahren, und jedes einzelne Jahr heißt daher das erste, das zweite, u. s. w. des Mondscirkels; nach dem 19^{ten} Jahre des Mondscirkels folgt wieder das erste eines neuen *Cyclus*. Die Zahl, welche angiebt, das wievielte des Mondscirkels ein gegebenes Jahr ist, heißt *die güldene Zahl*.

Wenn die güldene Zahl 1 ist, so fällt der Neumond den ersten Januar, wie es z. B. im Jahre 1824 der Fall war, wie der erste Neumond eines andern Jahres fällt, bestimmt man, mit Hülfe der *Epakte*, daraus, daß 12 Mondwechsel 354 Tage betragen, also in jedem folgenden Jahre der übereinstimmende Mondwechsel 11 Tage früher eintritt. Um zu bestimmen, welches Jahr des Mondscirkels ein gegebenes ist, muß man wissen, daß das Jahr 1 unserer Zeitrechnung das erste des Mondscirkels war, also jedes gegebene n^{te} Jahr nach

si Geburt diejenige güldne Zahl hat, die man bei der Division $\frac{n+1}{19}$ als Rest behält. Wendet man dies auf 1825 an, so ist

1826 = 96. 19 + 2, oder wenn man den Mondscyklus mit-
nimmt, der ein Jahr vor unsrer Zeitrechnung anfängt, so sind
mit Christi Geburt (so wie unsre Chronologen diesen Zeitpunkt
setzen), 96 ganze Mondscirkel vorüber gegangen, und wir
finden uns jetzt im 2^{ten} Jahre des Mondscirkels.

Die Angabe, daß die Mondphasen nach 19 Jahren wie-
derkehren, würde genau richtig seyn, wenn 19 Jahre oder
40 Tage genau mit 235 Mondwechseln übereinstimmten,
was nicht ganz genau der Fall ist. Da aber nach unsrer Ein-
schaltungsmethode unter vier Mondscirkeln immer einer ist,
der nur 4 Schaltjahre enthält, so sollten wir die 19 Jahre zu
39 Tagen 18 Stunden anrechnen, und da 235 Mondwechsel
der synodische Monate 6939 Tage 16 St. 32 M. umfassen, so
fehlt der Cyklus um 1 Stunde 28 Min. ab; — eine Abwei-
chung, die nach der Einschaltungsmethode des verbesserten
Kalenders noch anders bestimmt wird, aber hier nicht wesent-
lich in Betrachtung kommt.

Die Entdeckung, daß nach 19 Sonnenjahren die Mond-
erscheinungen wieder mit den gleichen Stellungen der Sonne
zusammentreffen, machte METON, ein Athenienser, 432 Jahr
vor Christo. Da die Griechen nach Mondenjahren rechneten,
und bis dahin keine sichere Regel hatten, welchen Jahren sie
3 Monate und welchen sie 12 geben müßten, so war es sehr
wünscht, hier eine solche feste Regel zu erhalten. Es ist in-
teressant, die von IDELER¹ nach den uns zugekommenen Nach-
richten sorgfältig erläuterten Fortschritte des, ganz an die
Monds-Erscheinungen geknüpften, griechischen Kalenders zu
sehen; — wie sie zuerst, um den Anfang eines neuen Monats
zu bestimmen, der unmittelbaren Beobachtung, daß der Neu-
mond nun wieder sichtbar sey, bedurften; wie sie sodann be-
merkten, daß man mit Monaten, abwechselnd von 29 und
von 30 Tagen, recht gut den Erscheinungen des Mondes getreu
bleibe, ohne ihn gerade gesehen zu haben; wie sie sich durch

1 Handbuch der Chronologie von Ideler. 1825. 1 Th. S. 262.

Einschaltung eines ganzen Monats bemühten, die Monate mit dem Sonnenjahre in Uebereinstimmung zu setzen, und Anfangs einen zweijährigen Cyklus anordneten, also ein Jahr an andre einen Monat einschalteten, später den achtjährigen Cyklus einführten, (die Oктаeteria), nach welchem in 8 Jahren einmal ein Monat eingeschaltet wurde, und endlich den metonischen Cyklus annahmen. Dieser Cyklus des Meton, der noch als Mondcircel merkwürdig ist, erforderte dort, man Mondenmonate beibehielt, einen 19 jährigen Kalender, welchem die Monate von 29 und von 30 Tagen durch den ganzen Cyklus aufgeführt werden mußten, und wo die Schaltjahre von 13 Monaten gehörig bemerkt wurden. Inzer theilt diesen Kalender, so wie er nach den sorgfältigsten Vergleichen gewesen seyn muß, mit ², und zeigt, wie darnach die in griechischen Schriftstellern nach Monaten und Tagen angegebenen Zeitbestimmungen sich mit einer sehr großen Sicherheit auf unsern Kalender zurückführen lassen.

So wichtig aber auch diese Metonische Verbesserung war, so bemerkte doch schon Kallippos (330 J. v. Chr.) daß 6940 Tage dieses Cyklus eigentlich nur 6989 $\frac{1}{4}$ seyn sollte, und er gab daher eine sechs und siebenzigjährige Periode, die *Kallipische Periode* an, nach welcher in 76 Jahren ein Tag weniger als in 4 Cyklen des Meton vorkamen.

Der Sonnencirkel, *cyclus solis*.

Da unsere Woche 7 Tage hat, also ein Jahr = 52 Wochen 1 Tag ist, so würde derselbe Monatstag allemal im nächsten Jahre um einen Wochentag fortrücken, wenn es keine Schaltjahre gäbe. Durch dieses Eintreffen einiger Jahre von 365 Tagen kommt die Ordnung der Wochentage erst nach 28 Jahren bleibend und fortwährend auf dieselben Monattage zurück, denn obgleich allerdings im Jahre 1820 eben so gut als 1821 der 1. Januar ein Sonnabend war, so hört doch sogleich diese Uebereinstimmung im nächsten Jahre auf, da 1821 der 1. Januar ein Montag war, 1826 der 1. Januar ein Sonntag ist, weil 1820 ein Schaltjahr war, 1825 aber keines. Nach 28 Jahren ist also ein Cyklus der Wochentage in Vergleichung gegen die

¹ Ebendas. S. 333.

Lehrestage vollendet, und dieser Zeitraum macht einen ganzen Sonnencirkel aus; unsere Kalender geben an, das wievielte eines Sonnencirkels ein gegebenes Jahr ist.

Das erste Jahr unserer Zeitrechnung war das 10^{te} des Sonnencirkels, und daher muß man zu einer gegebenen Jahrzahl addiren, um durch die Division den Rest zu finden, der anzeigt, das wievielte im Sonnencirkel dieses Jahr sey. Z. B. da $65 + 9 = 74$ uns 65 ganze Sonnencirkel und 14 als Rest giebt, ist dieses Jahr das 14^{te} des Sonnencirkels.

Die Uebereinkunft, daß nach 28 Jahren die Wochentage auf denselben Wochentag fallen, findet aber nur im *Julianischen Kalender* während statt, und da ist allemal in dem Jahre, welches den Sonnencirkel schließt, der Neujahrstag ein Sonntag. Im *Gregorianischen Kalender* tritt in denjenigen Secularjahren, welche keinen Schalttag haben, eine Veränderung ein, und ist z. B. 1825 der Sonnencirkel 14 und der 2^{te} Januar Sonntag, statt daß 1797, wo auch der Sonnencirkel 14 war, der 1. Januar auf einen Sonntag fiel; — der im Jahre 1800 ausgefallene Schalttag bringt diesen Unterschied hervor.

Der Indictionencirkel.

Der Cyklus der *Indictionen*, oder wie unser Kalender ihn nennt, der *Römer-Zins-Zahlen*, *circulus indictionis* besteht aus 15 Jahren. Der Name bezieht sich auf die kaiserliche Bestimmung (*Ansagung, indictio*,) wie groß diejenige Steuer, die nun selbst den Namen Indiction erhielt, im laufenden Jahre seyn solle; woher aber der Cyklus von 15 Jahren an diese Bestimmungen geknüpft habe, ist nicht bekannt, man kann nur als die wahrscheinlichste Vermuthung annehmen¹, daß die Abschätzung des Grundeigenthums, welche Vertheilung jener Grundsteuer zur Richtschnur diente, alle Jahre erneuert seyn mag. Seit CONSTANTIN's Zeit kommt der Cyklus als Zeitbestimmung vor, so daß z. B. ein gewisses Jahr das 7^{te} der 10^{ten} Indiction heißt u. s. w., und später fügten diese Angabe in den Urkunden den Jahrbestimmungen

¹ Manso Leben Constant. d. Großen. S. 188.

bei. Wenn man diesen Indictionencirkel zurückführt, so sieht, als ob er schon so früh gebraucht wäre, so ist das erste Jahr unserer Zeitrechnung das 4^{te} des Indictionencirkels und man muß daher nur die Jahreszahl allemal dividiren durch Division mit 15 den Rest zu finden, der die diesem gehörige Zahl im Indictionencirkel angiebt.

$1825 \div 15$ läßt 10 zum Rest, welches die Römerzähl des Jahres 1825 ist.

Die Julianische Periode.

An diese drei Cirkel schließt sich die *Julianische Periode* so genau an, daß sie am besten sogleich hier erwähnt wird. Da 19, 28, 15 Primzahlen unter sich und oder 1 gemeinschaftlichen Divisor haben, so kommt erst in einer von $19 \times 28 \times 15 = 7980$ Jahren der Fall wieder vor, da Jahr dieselbe Zahl in allen drei Cyklen wieder erhält. Die Zahlen, welche angeben, das wievielte in jedem Cyklus ein gegebenes Jahr sey, heißen daher die chronologischen Kennzeichen des Jahres, und unsere ganze Geschichte umfaßt noch nicht so großen Zeitraum, daß darin zwei Jahre vorkämen, deren drei chronologische Merkmale gleich wären.

Die Julianische Periode (*periodus juliana*) umfaßt den Zeitraum von 7980 Jahren, nach dessen Ablauf diese Gleichheit fortwährend eintritt. Das erste Jahr der Julianischen Periode würde das seyn, welches im Mondcirkel, im Sonncnk., im Indictionencirkel die Zahl 1 hätte, und man findet hier für jedes Jahr aus den drei chronologischen Merkmalen, wievielte der Julianischen Periode es ist, wenn man die bestimmten Analytik angehörige Aufgabe auflöst: Eine Zahl finden, die mit 19, mit 28, mit 15 dividirt, gegebne Reste Ich will diese Aufgabe für das Jahr 1825 auflösen, welches

1 Vergl. auch *Part de verifier les dates.* (nouv. ed. Paris. I. p. 36.

2 Man findet diese Zahlen auf Jahrhunderte voraus berechnet Meier Kornick System d. Zeitrechnung in chronol. Tabellen. 1825. fol.

irke 2, im Sonnencirke 14, im Indictionencirke 13 ist.
dieses Jahr das t^{te} in der Julianischen Periode ist, so muß
h

$$t = l \cdot 19 + 2;$$

$$t = m \cdot 28 + 14;$$

$$t = n \cdot 15 + 13 \text{ seyn,}$$

Ist, t ist eine Zahl, die 1 ganze Mondcyklen und noch 2
enthält, und so ferner, l , m , n , sind offenbar ganze

ist also zuerst

$$19 l + 2 = 28 m + 14$$

$$19 l = 28 m + 12$$

$$l = m + \frac{9 m + 12}{19},$$

$n + 12$ muß sich durch 19 ohne Rest dividiren lassen.

$$9m + 12 = 19 p, \text{ also}$$

$$9 m = 19 p + 12$$

$$m = 2 p - 1 + \frac{p - 3}{9}$$

Es sich $p - 3$ durch 9 dividiren lassen, und wenn $p - 3$
gesetzt wird, so ist $p = 9 q + 3$.

Hier wird nun, sobald man für q eine ganze Zahl setzt,

$$p = 9 q + 3,$$

$$m = 2 p - 1 + q = 19 q + 5, \text{ und } l = m + p =$$

$$+ 8, \text{ endl. } t = 19 \cdot 28 \cdot q + 154, \text{ ganze Zahlen geben.}$$

Also bloß von dem Zustimmen der beiden ersten Cyklen

le, so würden die Zahlen

$$q = 1, \quad p = 12, \quad m = 24,$$

$$l = 36, \quad t = 686,$$

$$\text{er } q = 2, \quad p = 21, \quad m = 43,$$

$$l = 64, \quad t = 1218,$$

$$\text{er } q = 3, \quad p = 30, \quad m = 62,$$

$$l = 92, \quad t = 1750,$$

derungen gemäß seyn; denn die für t angegebenen Zah-
en bei der Division mit 19 und 28 die verlangten Reste.

Aber es soll zugleich auch $15n + 13 = 28m + 14$
oder $15n = 28m + 1$

$$n = m + \frac{13m + 1}{15}$$

also $13m + 1$ muß durch 15 theilbar seyn. Es sey

$$13m + 1 = 15r$$

$$m = r + \frac{2r + 1}{13}$$

ferner $2r + 1 = 13s,$

$$r = 6s + \frac{s + 1}{2}$$

$$1 + s = 2u.$$

Hier kann man für u jede ganze Zahl annehmen u
werden

$$s = 2u - 1,$$

$$r = 6s + u = 13u - 6,$$

$$m = r + s = 15u - 7,$$

$$n = m + r = 28u - 13,$$

$$t = 15 \cdot 28 \cdot u - 182$$

ganze Zahlen. Die hier bestimmten Zahlen würden mit 24
16 dividirt die gehörigen Reste geben. Damit aber alle
Reste richtig werden, muß zugleich $m = 15u - 7 = 19q$
seyn, folglich $15u = 19q + 12,$

$$u = q + \frac{4q + 12}{15},$$

Es sey $4q + 12 = 15v,$

$$q = 3v - 3 + \frac{8v}{4},$$

endlich $v = 4w$, und man kann nun für w jede ganze
setzen, und erhält,

$$v = 4w,$$

$$q = 3v - 3 + 8w = 15w - 3$$

$$u = q + v = 19w - 3,$$

$$m = 15 \cdot 19 \cdot w - 52,$$

$$t = 15 \cdot 28 \cdot 19 \cdot w - 1442.$$

Hier könnte nun freilich für w jede ganze Zahl stehen, da
noch keine ganze Periode verflossen ist, so können wir
 $w = 1$ gebrauchen und es ist

$$t = 7980 - 1442,$$

das Jahr 1825 das 6538^{te} der Julianischen Periode.

Der Anfang dieser Periode fällt daher so, daß das erste unsrer Zeitrechnung, oder das erste Jahr nach Christi Geburt das 4714^{te} der Julianischen Periode ist. Das erste Jahr Christi Geburt ist, da die Chronologen die Geburt Christi mit dem Ende des Jahrs (25. Decemb.) zusammentreffend annehmen, das 4713^{te} der Julian. Periode, und darnach ist es nun leicht, jede nach einer genauer bestimmten Aera angegebene Reszahl auf die Jul. Periode zurückzuführen¹.

JOSEPH SCALIGER ist derjenige, der diese für die historische Chronologie so nützliche Periode angegeben hat, und alle Chronologen haben sie angenommen. „Man kann“, sagt IDELER, mit Recht behaupten, daß erst seit ihrer Einführung Licht und Ordnung in die Chronologie gekommen ist.“

Von andern Perioden s. Art. *Periode*.

Cyklische Rechnung ist die Bestimmung der Monderscheinungen, besonders des Neu- und Vollmondes nach dem Mondscyklus, der, da er nur ganze Tage angiebt und überdies nicht völlig genau ist, zuweilen von der astronomischen Rechnung abweicht. Welche Verfügungen in dieser Hinsicht in Beziehung auf das Osterfest statt finden, s. Art. *Kalender*². B.

Cylinderspiegel.

Speculum cylindricum; miroir cylindrique; *cylindrical mirror*. Allgemein muß man darunter alle die bestimmten Spiegelflächen verstehen, welche die Eigenschaft der Cylindrerflächen haben, daß alle mit einer gewissen Linie, welche die Axe des Cylinders heißt, parallel gelegte Ebenen die Fläche so schneiden, daß die Durchschnittslinien gerade, je der Axe parallele Linien sind; hier werde ich indess nur bei den Spiegelflächen, deren auf die Axe senkrechte Querschnitte Kreise sind, verweilen.

Um zu bestimmen, wie sich in einem solchen Spiegel, wenn die Spiegelung in der convexen Oberfläche vorgeht, die

¹ Idelers Chronologie I. S. 76.

² M. Kornicks System d. Zeitrechn. §. 99.

Gegenstände darstellen, und ferner, wie das verzerrte Bild des Gegenstandes gezeichnet seyn muß, damit man im Stande den Gegenstand in seiner richtigen Gestalt sehe, wollen wir erst folgende Vorbemerkungen machen.

Fig. 92. Wenn das Auge O und der Gegenstand A in einer die Axe des geraden Cylinders gelegte Ebene liegen, so geschieht die Zurückwerfung in eben dieser durch des Cylinders Axial-Ebene und wie bei ebenen Spiegeln ist $O D B = A$. Liegt dagegen das Auge und der Gegenstand in einer auf die des Cylinders senkrechten Ebene, so läßt sich über die des Punctes, wo am Spiegel der Strahl zurückgeworfen eben so urtheilen, als wenn die Spiegel-Oberfläche eine

Fig. 98. Kreislinie wäre. Es sey A das Auge, so erhält, daß von Gegenständen, die zwischen $B D, E F$ hinter dem Spiegel liegen gar keine Strahlen vermöge der Spiegelung ins Auge kommen, oder daß die Tangenten $A B D, A E F$ die durch Spiegelung sichtbar werdenden Gegenstände begrenzen. Wäre Gegenstand G gegeben, so könnte man fragen, in welchem Puncte Z des Kreises der von G ausgehende Lichtstrahl Kreis treffen müsse, um durch Zurückwerfung zum Auge gelangen, und offenbar müßte dieser Punct so liegen, daß die Winkel an der Tangente $S T$ gleich würden, also $A Z S = G Z T$ wäre; die Bestimmung dieses Punctes schwieriger, als die Beantwortung der umgekehrten Frage wie groß der Halbmesser des Cylinders seyn muß, damit A einen gegebenen Werth $= \varphi$ erhalte; wenn G und A bestimmt sind. Da nämlich, wie sehr leicht erhellt, wenn der Radius $C Z$ nach Y verlängert worden,

Tang. $A Z Y = \text{Tang. } G Z Y$ oder
(wenn $A C = a, G C = b, A C G = \alpha, A C Z = C Z = r$ ist),

$$\frac{a \sin. \varphi}{a \cos. \varphi - r} = \frac{b \sin. (\alpha - \varphi)}{b \cos. (\alpha - \varphi) - r} \text{ ist,}$$

so erhält man $r = \frac{a b \sin. (2 \varphi - \alpha)}{b \sin. (\alpha - \varphi) - a \sin. \varphi}$ als eine Gleichung

für die Halbmesser aller Kreisspiegel, in denen Punct G von dem Auge A so gesehen werden könnte, daß einen bestimmten Werth erhielte.

Die Frage, wo muß G liegen, um dem Auge A in dem Punkte Z abgespiegelt zu erscheinen, ist viel leichter, und nicht zu Auflösung der Aufgabe, wie die Anamorphosen, die verzerrten Bilder, gezeichnet werden müssen, hin. Es erhellt nämlich sogleich, daß wenn der Kreis, und in ihm der Punkt gegeben, A aber das Auge ist, man nur nöthig hat, $T Z G$ gleich dem gegebenen $A Z S$ zu zeichnen, und daß jeder auf G liegender Punkt in Z abgespiegelt wird, also dem Auge in der Richtungslinie $A Z X$ erscheint.

Mit dieser leichten Betrachtung läßt sich der allgemeine Fall, wo das Auge nicht mit dem Gegenstande in derselben gemeinsamen die Axe senkrechten Ebene liegt, auf folgende Weise in Verbindung setzen. Es sey $A S Z T G$ die durch den Gegenstand Fig. 94. und die Axe des Cylinders senkrecht gelegte Ebene, O das Auge, A senkrecht auf jene Ebene, also A die Projection des Auges, S der Gegenstand. Ferner sey Z der Punkt in der Oberfläche des Cylinders, wo ein von G kommender Strahl $G Z$ nach $Z A$ zurückgeworfen würde, $S T$ sey die in der Ebene $A Z G$ an den Cylinder gezogene Tangente, also $A Z S = G Z T$. Man ziehe $z z$ als eine in der Cylinderfläche liegende Parallele zur $A Z$ und durch diese lege man die beiden Ebenen $O A Z z$ und $G Z z$, ferner sey $S T P Q$ die durch $Z z$ gelegte Berührungsebene, so sind alle diese drei Ebenen auf $A S Z T G$ senkrecht, und die beiden Ebenen $A O z Z$ und $G Z z$ machen gleiche Winkel mit der Berührungsebene, indem $A Z S = G Z T$ die Neigungswinkel sind. Wenn man nun endlich durch $O G$ eine Ebene auf die Berührungsebene senkrecht setzt, die in U an den Cylinder trifft, so ist U der Punkt, wo der von G kommende Strahl nach dem Auge hin zurückgeworfen wird. Dies ist bewiesen, wenn man zeigte, daß die Strahlen $O U$, $G U$ mit der durch U in eben der Ebene gezogenen Tangente $s t$ gleiche Winkel machen. Daß $s t$, diejenige Linie, in welcher die Ebene $O U G$ die durch U gehende Berührungsebene $P Q T S$ schneidet, eine Tangente des Cylinders sey, erhellt von selbst. Betrachtet man nun die zwei körperlichen Dreiecke, deren gemeinschaftliche Spitze U ist, und deren Seiten-Linien $U O$, $U G$, $U z$ im einen, und $U G$, $U t$, $U z$, im andern sind, so ist die Seiten $s U z = t U Z$ als Scheitelwinkel gleich; ferner zwischen $s U z$, $O U z$ eingeschlossene Neigungswinkel dem

zwischen $t U Z$, $G U Z$ gleich; endlich der zwischen $O s U z$ so wie der zwischen $G U t$, $t U Z$ eingeschlossene Winkel ein rechter; also nun auch die übrigen Stücke beider körperlichen Dreiecke gleich und namentlich $O U s = G U t$.

Nun ist es leicht, den Punct in der Ebene $A S Z T G$ anzugeben, wo der Gegenstand G dem Auge O erscheint. Es ist nämlich klar, daß $O U$ bis an diese Ebene verlängert in g eintrifft, wo $g U = G U$, $g v = G v$ ist, wenn $G Z t v$ senkrecht ist. Ein anderer Punct H in derselben geraden Linie $G Z$ würde in h , da erscheinen, wo die auf $Z T$ gesenkte Senkrechte $h w = w H$ ist, und so in allen Fällen.

Hieraus fließt eine leichte Regel, um die Anamorphosen oder verzerrten Bilder zu zeichnen, die im Spiegel so erscheinen, wie eine auf der Grundfläche des Cylinders gezeichnete Figur dem Auge erscheinen würde.

Fig. 93. Man zeichne nämlich auf die Ebene der Grundfläche des Cylinders, wo der Kreis $E Z B$ diese Grundfläche vorstellt, A die Projection des Auges, in $X x'$ den Gegenstand, den im Spiegel dargestellt zu sehen glauben soll; von jedem Puncte X, x'', x' dieser gezeichneten Figur ziehe man nach A drei geraden Linien $X A, x'' A, x' A$, und wo diese in Z, z'', z' den Kreis schneiden, zeichne man die Tangente $S Z T, z'' t', z' t'$, fälle auf sie die Perpendikel $X U, x'' u'', x' u'$, die man so verlängert, bis $G U = X U, g'' u'' = x'' u'', g' u' = x' u'$; dann sind G, g'', g' die Puncte im verzerrten Bilde, wo die X, x'', x' vorstellen.

Diese Zeichnungsmethode setzt voraus, daß man sich im Spiegel gesehene Bild auf der Ebene der Grundfläche gezeichnet vorstelle; aber da man den aufrecht stehenden Gegenstand vor sich hat, so wird man sich wohl eher einbilden, was man im Spiegel sieht, sey ein auf einer aufrecht stehenden Tafel gezeichnetes Bild. Um unter dieser Voraussetzung das verzerrte Bild richtig zu zeichnen, stelle man sich die Tafel vor, die sich über der Sehne $E B$ senkrecht stehend erhebt, wird diese durch $E B e b$ angegeben, so zeichne man auf **Fig. 95.** Ebene die Figur, die sich dem Auge im Spiegel darbietet, z. B. $u U$. Man ziehe nun vom Auge O auf die Grundfläche des Cylinders die Senkrechte $O A$, und von allen Puncten

Figur senkrechte Linien $u\ v$, $U\ V$ gegen eben die Ebene; ziehe man durch V die Linie $A\ V$ und von O durch U die $O\ U$, eben so $A\ v$ und $O\ u$, wo jene sich in Z , diese z durchschneiden, dahin referirt das Auge O die Punkte wenn es sich dieselben in die Ebene der Grundfläche überdenkt. Hat man so die Figur $U\ u$ nach $Z\ z$ übertragen, so nun die Zeichnung der Anamorphose aus $Z\ z$ so her-, wie es oben angegeben ist.

Man versteht sich übrigens hieraus von selbst, daß man, wenn man solche Anamorphosen mit dem zugehörigen Cylindergel vor sich hat, nach der Stellung, die das Auge haben muß, indem man bei unrichtiger Stellung des keinesweges das Bild so sieht, wie es der Fall seyn

B.

D.

Dämmerung.

Diluculum, *Crépuscule*, *the Twilight*, heißt die vor- und nach Sonnen-Aufgang und nach Sonnen-Untergang statt findende Helligkeit.

Die *Morgendämmerung* (*crepusculum matutinum*, *l'aube du matin*, *Dawning of the day*) ist die Helligkeit nach Sonnen-Aufgang; ihr erster Anfang heißt der Tages-Anfang (*Diluculum*, *pointe du jour*, *Dawning*); *Abenddämmerung* (*crepusculum vespertinum*, *crépuscule du soir*, *evening*) dagegen ist die nach Sonnen-Untergang noch fortwährende Helligkeit.

Daß die Luft etwas von dem auf sie fallenden Lichte zu- und abstrahlt, sehen wir schon bei Tage, indem fast allein dadurch die Helligkeit entsteht, die selbst die von der Sonne nicht beleuchteten Gegenstände lebhaft erleuchtet. Diese Helligkeit fließt nur im geringern Grade von dem Lichte her, das die Gegenstände auf der Erde zurückwerfen, denn selbst

in Zimmern, die wenig oder gar kein Licht von irdischen Gegenständen reflectirt erhalten können, ist es sehr hell; es springt auch nicht allein aus dem Lichte, welches die Wände zurückwerfen, denn wenn gleich diese die allgemeine Tageshelligkeit zuweilen sehr vermehren¹, so bleibt es dennoch immer hell genug, wenn auch nur die wolkenlose Luft, der blaue Himmel unsere Zimmer erhellt. Diese Helligkeit dauert nun auch vor Sonnen-Aufgang und nach Sonnen-Untergang fort, weil die höheren Luftschichten noch lange von der Sonne beschienen werden, wenn uns die Sonne schon untergegangen ist. Wenn die Sonne tiefer unter den Horizont hinab sinkt, so wird die Luft immer minder erleuchtet und man nimmt an, daß bei einer gewissen Tiefe der Sonne unter dem Horizont alle Sterne, die das Auge zu erkennen vermag, sichtbar sind, oder die Dunkelheit dann vollkommen eingetreten ist.

Von der nahen Richtigkeit dieser Annahme habe ich mich durch eigene Beobachtung überzeugt, indem ich in der Nacht vom 14. zum 15. Jul. und vom 16. zum 17. Jul. 1825. um Mitternacht bei völlig heiterm Himmel auf den sehr geringen Ueberschuss von Dämmerung achtete. Gerade um Mitternacht war der nördliche Horizont nur unbedeutend heller als der übrige, und nur eine Vergleichung dessen, was sich am nördlichen und südlichen Horizonte dem Auge darbot, liefs noch einen kleinen Unterschied wahrnehmen. Aber gleich nach Mitternacht wurde die Dämmerung deutlich sichtbar. Da in diesen Nächten die größte Tiefe der Sonne in Breslau $17\frac{1}{4}^{\circ}$ und $17\frac{1}{2}^{\circ}$ betrug, so erhellet, daß 18° Tiefe der Sonne, als Grenze der Dämmerung gelten kann. Uebrigens erhellet wohl, daß nicht jede Beobachtung etwas genau Gleiches geben wird, da z. B. wenn jenseit der Gegenden, deren Wolken noch über unsern Horizont erscheinen könnten, ein bedeckter Himmel ist, von dem wir nichts gewahr werden, dieses gewifs die Dauer der Dämmerung verkürzen wird.

Bei dieser Tiefe der Sonne tritt das völlige Ende der *astronomischen Dämmerung* ein; man sieht die Sterne vollkommen als möglich, und die Dunkelheit nimmt nun

¹ Nach Leslie vorzügl. dann, wenn der Himmel bei schönem Sonnenschein an vielen Stellen mit weißen Federwolken belegt ist

mehr zu. Wenn wir dagegen im gewöhnlichen Leben von der Dämmerung sprechen, so setzen wir ihr Ende schon viel früher, als je nachdem wir es auf eine oder die andre Beschäftigung beziehen, früher oder später an. Man pflegt als Grenze dieser, unter dem Namen der *bürgerlichen Dämmerung* bekannten Helligkeit die Zeit anzugeben, wo man ohne Kerzenlicht nicht mehr die gewöhnlichen Geschäfte im Zimmer vornehmen kann. Diese Bestimmung ist nicht sehr genau, da die Lage des Zimmers hierbei eine bedeutende Verschiedenheit bewirkt. Um etwas Bestimmteres, wenn gleich auch durch Oertlichkeit und individuelle Gesichtsschärfe Beschränktes anzugeben, habe ich bei ganz heiterm Himmel, ohne eine einzige Wolke, anbrechende Morgendämmerung des 15. Jul. 1825 benutzt, wo ich mich auf der Sternwarte, die gegen Nordost einen völlig freien Horizont hat, befand. Ich nahm, um zu versuchen, wann man noch könne, das astron. Jahrbuch von Bode, und fand, wenn es gegen das Licht kehrte, 1. daß ich das Wort: Jahrbuch auf dem Titelblatt lesen konnte, 1 St. 31' ehe der oberste Sonnenrand aufging, oder als der Mittelpunkt der Sonne noch $10\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizont war; 2. daß ich die größser gedruckte Ueberschrift der Seiten lesen konnte 1 St. 8' vor jenem Zeitpunkte, Tiefe der Sonne = $8\frac{1}{2}$ Grad; 3. daß ich die gewöhnliche Schrift im Jahrbuche 12 Min. später lesen konnte; Tiefe der Sonne = $7\frac{1}{2}^{\circ}$; 4. daß ich in dem Saale der Sternwarte das Licht auslöschen konnte, 17 Minuten später, oder als die Tiefe der Sonne 6 Grad betrug. [Nämlich die wahre Tiefe des Sonnenmittelpunctes unter dem Horizonte.] Diese letzte Tiefe $6\frac{1}{2}$ Gr. pflegt man auch als das *Ende der bürgerlichen Dämmerung* anzugeben.

Astronomische Untersuchungen über die Dauer der Dämmerung.

3. Da die Sonne in verschiedenen Gegenden der Erde und in verschiedenen Jahreszeiten die Tiefe von 18 Graden nicht gleich schnell erreicht, so ist die ganze Dauer der Dämmerung sehr ungleich. Wenn man sich 18 Grade unter dem Horizonte einen Parallelkreis des Horizontes denkt, den man den *Dämmerungskreis* (*terminus crepusculorum*) nennt,

so muß man eine allgemeine Beantwortung der Frage, wann die Sonne diesen erreicht, suchen. Es sey $PS = 90^\circ$ — der Abstand der Sonne vom Pole, $ZP = 90^\circ - p$ der Abstand des Poles vom Zenith des Beobachters, $ZS = 90^\circ + 18^\circ$, wenn die 18 Grade unter dem Horizont stehende Sonne ist. Der Stundenwinkel ZPD wird aus diesen drei Seiten gefunden, indem $\text{Cos. } ZPD = \frac{\text{Sin. } 18^\circ - \text{Sin. } p \cdot \text{Sin. } d}{\text{Cos. } p \cdot \text{Cos. } d}$ ist; und

beim Untergange der Sonne Cos. des Stundenwinkels $= -\text{Tang. } d$, so läßt sich aus dem Unterschiede dieser Winkel die Zeit der ganzen Dämmerung leicht finden.

Unter dem Aequator, wo $p = 0$ ist, hat man $\text{Cos. } ZPD = \frac{\text{Sin. } 18^\circ}{\text{Cos. } d}$, und den Stundenwinkel, welcher dem Sonnen-

Untergange entspricht $= 90^\circ$, daher ist 1. wenn die Sonne am Aequator oder $d = 0$ ist,

$$ZPD = 90^\circ + 18^\circ,$$

die Dauer der Dämmerung so lange, als die Zeit, in welcher die Sonne 18 Grade durch den Meridian gehen $= 1$ Stunde 12 Minuten. 2. wenn die Sonne $23^\circ 28'$ Declination hat, ist die Dämmerung unter dem Aequator am längsten und ihre Dauer beträgt 1 Stunde 19 Minuten.

Wenn die Sonne im Aequator steht, so ist in jeder Gegend die Zeit der Dämmerung gleich dem in Stunden ausgedrückten Winkel $ZPD - 90^\circ$, und $\text{Cos. } ZPD = \frac{\text{Sin. } 18^\circ}{\text{Cos. } p}$

also in 50 Graden Breite die Dauer der Dämmerung $= 1$ Stunde 55 Minuten, in 60 Grad Breite $= 2$ Stunden 32 Minuten. Am kürzesten Tage ist die Dauer der Dämmerung in 25 Grad Breite

$= 1$ Stunde 26 Min.; in 50 Grad Breite

$= 2$ Stunden 6 Min.; in 60 Grad Breite

$= 2$ Stunden 57 Min.; in 70 Grad Breite

daß sie von der Zeit, da die Sonne, nicht mehr aufgehend, dem Horizont am nächsten kommt 5 Stunden 12 Minuten selbst in noch höheren Breiten muß also, sogar im tiefsten Winter, wenn der Himmel nur heiter ist, die Zeit des Mittags sich als etwas heller von der völligen Nacht unterscheiden.

Wenn $\cos. Z P D = -1$ wird, so ist $Z P D = 180^\circ$, die Dämmerung hört gar nicht auf, indem die Tiefe der ~~h~~ im nördlichen Meridian unter dem Horizonte nur genau 18° beträgt. Die Formel giebt $\cos. p. \cos. d = \sin. 18^\circ + \sin. p. \sin. d$ oder $\cos. (p + d) = \sin. 18^\circ$, das ist $p + d = 90^\circ$. Wenn die Sonne diese Declination $d = 72^\circ - p$ erreicht, so fangen die *hellen Nächte* an. Das geschieht also unter 10° Gr. Breite am 10 Juni; unter 50° Gr. Breite am 1 Juni; unter 52° Gr. Breite am 20 Mai; unter 54° Gr. Breite am 12 Mai; unter 60° Gr. Breite am 22 April; unter 70° Gr. Breite am 26 März; unter 80° Gr. Breite am letzten Februar; und am Pole am 29 Januar.

4. Diese Bestimmungen betreffen die Dauer der ganzen astronomischen Dämmerung. Will man eben diese Bestimmungen für die bürgerliche oder gemeine Dämmerung haben, bei deren Ende die Sonne $6\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizonte steht, so dauert diese Dämmerung in 50° Grad Breite um die Nachtgleiche 41 Minuten am längsten Tage, 56 Minuten; am kürzesten Tage 48 Minuten; sie dauert in 52° Gr. Breite um die Nachtgleiche 42 Minuten, am längsten Tage 1 Stunde 2 Minuten, am kürzesten Tage 52 Minuten.

5. Hieran schließt sich die Frage, zu welcher Zeit des Jahres die Dämmerung unter einer gegebenen Breite am kürzesten ist, oder wann die Sonne vom Horizont an die Tiefe von $6\frac{1}{2}$ Graden am schnellsten erreicht.

Die Frage läßt sich allgemeiner so fassen: die Pohlhöhe des Beobachtungs-Ortes $= p$ ist gegeben, und zwei Höhen $= H$ und $= h$; man sucht die Declination $= d$ desjenigen Gestirnes, welches in der kürzesten Zeit von der Höhe $= H$ zur Höhe $= h$ hinabsinkt.

Es sey Z das Zenith, P der Pol, $S s s'$ der Parallelkreis, Fig. 97. auf welchem das Gestirn seinen täglichen scheinbaren Umlauf vollendet, so lassen sich leicht folgende Sätze beweisen. 1. Wenn $s Z P$ ein rechter Winkel ist, so hat in s der Winkel $s P$ einen größern Werth als er für irgend eine andre Stellung desselben Gestirns erreicht. 2. Die Aenderung der Höhe t in jedem Augenblicke dem Sinus des Winkels $Z S P$ proportional, also in s am schnellsten und in S und s' gleich schnell, wenn $Z S P = Z s' P$ ist. 3. Nimmt man also S, s' so daß

$Z S P = Z s' P$ ist, und nimmt man ferner $S T =$ dem Parallelkreise, so wird zwar das Gestirn in gleichen räumen von S nach s' und von T nach t gelangen, aber Höhe mehr ändern, während es von S nach s' , als wenn es von T nach t gelangt. 4. Folglich muß man, um eine bestimmte Aenderung der Höhe in der kürzesten Zeit zu erhalten, diejenigen zwei Punkte S, s' auf dem Parallelkreise suchen, erstlich an Höhe um so viel verschieden sind, als verlangt wurde, und in denen zweitens die Winkel $Z S P =$ sind.

Die Beweise für diese Sätze sind folgende. — 1. Es Allgemeinen $P Z = 90^\circ - p$, $P S = 90^\circ - d$, $Z S = 90^\circ$ so ist:

$$\sin. Z S P = \frac{\cos. p \sin. S Z P}{\cos. d},$$

also da p und d ungeändert bleiben, $Z S P$ am größten, $S Z P = 90^\circ$ ist. 2. Man findet

$\sin. h = \sin. p \sin. d + \cos. P \cos. p \cos. d$, also für Aenderung von h , $d h \cos. h = d P \sin. P \cos. p$,

oder weil $\sin. Z S = \cos. h = \frac{\sin. P \cos. p}{\sin. S}$, $d h = -$

$\cos. d \sin. S$.

Versteht man also unter $d P$ immer gleiche Aenderungen und erinnert sich, daß P der Stundenwinkel ist, dessen Aenderungen gleichmäßig in gleichen Zeiten erfolgen, so erhält man, daß für gleiche Zeitmomente die Aenderung der Höhe $\sin. S$ proportional ist, also in s am schnellsten, in S eben so schnell als in s' und so ferner, wenn $Z S P = Z s' P$. 3. Da in $s' t$ die Winkel an s' kleiner sind als in $S T$ ist das Abnehmen der Höhe in $s' t$ langsamer als in S' wenn $S s' = T t$, so ist die Abnahme der Höhe während das Gestirn von S nach s' gelangt, größer als während es von T nach t gelangt, woraus dann von selbst die Regel folgt, diejenigen Punkte S, s' , der schnellsten Höhen-Aenderungen entsprechen, für welche, während sie um die gegebene Höhe verschieden sind, $Z S P = Z s' P$ ist.

6. Hiernach ließe sich für jede gegebene Declination der Sonne die Frage beantworten, wo die Sonne in ihrem Tage

stehen muß, damit 18 Grad Höhen - Aenderung in der kürzesten Zeit statt finde; aber unsre Frage ist eine etwas andere, nämlich in welcher Declination $= d$ die Sonne sich befinden muß, damit die Höhen - Aenderung vom Horizont bis 18 Grade vor dem Horizonte am schnellsten erfolge.

Hier liegt also der eine Punct S im Horizonte, der andre Gr. unter dem Horizonte, oder $ZS = 90^\circ$, $Zs' = 108^\circ$, es soll

$$\cos. S = \frac{\sin. p - \cos. 90^\circ. \sin. d}{\sin. 90^\circ. \cos. d},$$

$$\cos. s' = \frac{\sin. p - \cos. 108^\circ. \sin. d}{\sin. 108^\circ. \cos. d}$$

gleich groß seyn, also:

$$\sin. d = \frac{\sin. p. (1 - \sin. 72^\circ)}{-\cos. 72^\circ},$$

ist $\sin. d = -\sin. p \tan. 9^\circ$ ¹. Für die Polhöhe von 50 Grade ist also die kürzeste Dauer der Dämmerung dann, wenn $d = 6^\circ 58'$ südlich ist, das ist am 3. März und 11. Oct. bei 60 Gr. Breite müßte $d = 7^\circ 53'$ südl. seyn, welches am 1ten Februar und 13 Oct. der Fall ist².

Wenn man die kürzeste Dauer derjenigen Dämmerung finden will, welche mit der Tiefe der Sonne $= 6\frac{1}{2}$ Gr. aufhört, bleibt die Formel eben so, nur muß statt $\tan. 9^\circ$ stehen, $\tan. 3^\circ 15'$. Diese kürzeste Dämmerung findet unter 50 Gr. Breite am 14. März und 29. Sept. statt, wenn die Sonne $2^\circ 29'$ Decl. hat, und ihre Dauer ist 40 Min. statt daß die kürzeste Dauer der astronomischen Dämmerung unter dieser Breite 53 M. ist.

¹ Andere Auflösungsverfahren giebt Lulofs Einl. z. Kenntniß d. Kugel, übers. von Kaestner. Th. 2. S. 77. und Bohnenbergers Astronomie S. 78.

² Die Formel $\sin. d = -\sin. p \tan. 9^\circ$ scheint auch für größere Polhöhe Werthe zu geben, z. B. für $p = 90^\circ$, $d = 9^\circ 7'$; da die Tiefe von 18 Gr. bei dieser Declination gar nicht erreicht, und überhaupt dort keine Erscheinen der Sonne im Horizonte in einer Tiefe von 18 Graden statt findet, so fällt dort die Anwendung weg.

7. Was die Geschichte dieser Untersuchungen betrifft, so läßt sich diese sehr kurz fassen.

Schon ALHAZEN hat über die Tiefe der Sonne, bei welcher die Morgendämmerung anfängt und die Abenddämmerung hört, richtige Bestimmungen gemacht, die RICCIOLI mit den Angaben andrer Astronomen anführt ¹. Die Tage der kürzesten Dämmerung hat schon NUNNEZ durch geometrische Betrachtungen richtig bestimmt ². Die analytische Auflösung des Problems die Zeit der kürzesten Dämmerung zu finden, hat JOH. B. BERNOULLI lange beschäftigt, und er ist der erste, der die Auflösung gefunden hat ³.

Optische Untersuchungen über die Dämmerung.

8. Schon im Art. *Abendröthe* ist mehreres angegeben, was auch hierher gehört, ich will zu dem dort Erwähnten noch Einiges beifügen. Bald nach Sonnen-Untergang sieht man gerade der Sonne gegenüber ein bogenförmig begrenzten blauer Raum, über welchem die Röthe, die sich vorhin über den östlichen Horizont erstreckte, noch fort dauert. Der Bogen ist zwar nicht scharf, aber doch hinreichend deutlich begrenzt, um zu erkennen, daß seine größte Höhe der Sonne gegen über liegt; das oberhalb sichtbare matte Roth geht in größerer Höhe in Weiß über, und erst noch höher hinauf kehrt der Himmel seine gewöhnliche blaue Farbe. Dieses blaue Segment ist es, was MAIRAN ⁴ Gegendämmerung genannt hat; ist offenbar nichts anders, als der Schatten, den die Erde auf die Atmosphäre wirft, so daß nur noch der höhere, nicht geschattete Theil uns, als unmittelbar von der rothgelb scheinenden

¹ Riccioli almag. nov. I. 39. Alhazen de crepusculis in Ricc. thesaurus opticae.

² Nonius de crepusculis.

³ Joh. Bernoulli opera. I. 64. wo er jedoch nur das richtige Resultat mittheilt, und klagt, daß selbst die am leichtesten scheinende Methode in so höchst weitläufige Rechnungen führe, wenn sie gleich endlich eine sehr einfache Formel gebe.

⁴ Traité de l'aurore boreale Ed. 2. p. 79. Funk de colorib. coeli p. 144.

die Sonne erleuchtet, orangefarbe oder geröthet erscheint. Man kann fragen, warum denn dies Segment blau erscheine? — Offenbar weil es Licht von dem in unserm Zenith noch immer erscheinendem Himmelsgewölbe erhält, also von blauem Lichte erleuchtet ist, das zwar mit weißem Lichte gemischt, aber doch das Blau in stark vorwaltendem Masse enthält. Das Blau am östlichen Horizont ist dunkler als das gewöhnliche Blau des Himmels und als das Blau im Zenith, weil offen von den Strahlen, die der blaue Himmel im Zenith dorthin let, nur ein geringer Theil abermals zurückgeworfen wird.

Auch das Weiß oder das weißliche Grau, welches ober des röthlichen Bogens, über jenem Blau den Uebergang das gewöhnliche Himmelblau, das am Zenith noch immer sehen wird, bildet, läßt sich leicht erklären. Der Beobachter in A bekommt nämlich, wenn die Sonne in N untergeht und N O die Atmosphäre beschattet ist, aus den in der Höhe liegenden, noch mit Dünsten beladenen, Schichten gelbrothe Strahlen, so wie sie die dort noch scheinende Sonne liefert, er zugleich aus den höhern Schichten B D, die von ungetrübtem Sonnenlichte erleuchtet werden, blaue Strahlen, ja auch die Dünste bei B A, die zwar auch vom Abendroth, aber auch doch vom blauen Himmel E erleuchtet werden, geben auch wenige blaue Strahlen, und das Auge erhält also in gleicher Höhe über dem von der Erde beschatteten Theile F O des Himmelsgewölbes durch Zurückwerfung alle Arten von Strahlen; und es läßt sich daher begreifen, wie diese Mischung, wo weder das Orange der Abendröthe noch das Blau des Himmels das Uebergewicht hat, jenes nicht ganz reine Weiß hervorbringen kann, welches wir oberhalb des rothen Bogens im Osten bemerken.

Wenn die Sonne noch etwas tiefer sinkt, so werden die ferneren Sterne an der der Sonne gegenüberstehenden Seite zuerst sichtbar. Nach LAMBERTS Beobachtungen geht die Grenze der unmittelbar von der Sonne erleuchteten dichtern Luft durch das Zenith, wenn die Sonne $6\frac{1}{2}$ Gr. unter dem Horizonte steht, und dann sieht man schon die größern Sterne.

Die orangefarbene Abendröthe zieht sich unterdeß in einen immer engeren Raum zum westl. Horizonte hinab, und überzeugt sich ein weißer, bogenförmig begrenzter Raum, den

man den *Dämmerungsschein* nennen kann. Er ist weil die niedrigere dunstige Luft in der Gegend, wo wir: hen, gar nicht oder sehr wenig von der Sonne geradezu erhellet wird, sondern ein Gemisch von Strahlen der Abthe und des blauen Himmels die Dünste der untern Luft er: tet. Steht nämlich die Sonne so tief unter dem Horizonte Beobachters in A, daß G H ihre die Erd-Oberfläche ber: den Strahlen vorstellt, so sieht der Beobachter in A und bei K etwas von der durch die untergehende Sonne oran: ben erleuchteten, dunstigen Luft; in der Gegend von E wohin keine directen Strahlen mehr gelangen, werden die schichten und Dünste theils von den bei M gelbroth erle: teten Dünsten, theils von dem blauen Himmel bei H besch: und diese Mischung giebt ihnen das weißliche Ansehen, ches den spätern Dämmerungsschein nach der Abendröth: hietet. Dieses Weiß geht desto mehr in Blau über, je: es von dem noch als Abendröthe erscheinenden Streif: Horizont entfernt ist.

9. Kennten wir die Höhe derjenigen Luftschichten, che noch geschickt sind, um hinreichendes Licht zurückzu: fen, so würden wir die Dauer der ganzen Dämmerung be: nen, und auch ihre nach und nach erfolgenden Erschein: Fig. 99. genauer überschauen können. Es stelle A B C die Oberfläch: Erde vor, D E F G die Grenze der Luftschicht, die noch ist, Lichtstrahlen in erheblicher Menge zurückzuwerfen; wird, wenn die Sonne dem Beobachter in A untergeht, Theil D E der Atmosphäre noch von der Sonne erleuchtet wenn E B F die Erde in B berührt, so sieht ein Beobach: B noch die äußerste Grenze der von der Sonne erleucht: Luft; ferner, der Theil F E der Atmosphäre erhält durch in D E erleuchtete Luft noch etwas Licht, und wenn v F C G eine Tangente ist, so sieht der Beobachter in C noch letzte Grenze der durch die erste Zurückwerfung erleucht: Luft u. s. w. Wir können daher, theoretisch wenigstens *erste Dämmerung*, *Hauptdämmerung* (*crepusc: primarium*,) von der *zweiten Dämmerung* (*crepusc: secundarium*) unterscheiden; und wenn wir zum Beispi: nähmen, die Luft sey bis zu 2 Meilen Höhe noch dicht &

in Licht in erheblicher Menge zurückzuwerfen, so wäre $KB = 60$ Meilen, $KE = 862$ Meilen, also $BKE = 3^\circ 50'$, die erste Dämmerung würde aufhören, wenn die Sonne $7^\circ 40'$ unter dem Horizonte ist, die zweite Dämmerung, wenn sie $15^\circ 20'$ unter dem Horizonte ist. Diese Zahlen müßten indess, selbst wenn die Höhe der Luftschicht ganz richtig wäre, noch etwas verbessert werden. Wegen der Refraction nämlich gelangt der Lichtstrahl DE nicht gerade, sondern etwas gekrümmt nach E und die Beobachtung lehrt, daß diese Krümmung oder die Refraction bei Sonnen-Untergang $\frac{1}{2}$ Gr. beträgt; dieser halbe Grad, welcher der Krümmung des DA entspricht, kommt beinahe auch, (wenn gleich nicht völlig, da DA schon in den noch höhern Schichten der Atmosphäre einige Brechung erlitten hatte) in AE abermals und in EB abermals vor; wir müßten daher das Ende der ersten Dämmerung etwa dann annehmen, wenn die Tiefe der Sonne $= 7^\circ 40' + 1^\circ 30'$ oder etwa 9 Grad ist, und das Ende der zweiten Dämmerung, wenn die Tiefe der Sonne $= 15^\circ 20' + 2^\circ 30'$, also nahe genug 18 Grad ist. Hiernach könnten wir 2 Meilen wohl als die Höhe derjenigen Atmosphäre ansehen, die noch bedeutend zur Unterhaltung der Dämmerung beiträgt, und es scheint mir kaum möglich, die Bestimmung viel genauer zu erhalten.

10. LAMBERT¹ hat eine genauere Berechnung dieser Höhe versucht, die aber wegen der Unmöglichkeit, ganz genaue Beobachtungen anzustellen, doch zu keinem recht genügenden Resultate führt. Er beobachtete nämlich zu bestimmten Zeiten die Höhe des hellen Bogens, den die Dämmerung darstellte, und schloß daraus auf die Höhe der Lufttheilchen, die dort, von der Sonne beleuchtet, sichtbar wurden; aber wenn man für verschiedene Zeiten aus der Höhe dieses Bogens die Höhe der Atmosphäre berechnet, so ergeben sich sehr ungleiche Resultate, sobald man diesen Bogen als Grenze der Hauptdämmerung ansieht. Befindet sich nämlich der Beobachter in H und sieht in E die Grenze

¹ Photometria seu de mensura luminis, colorum et umbrae. Pars 6. Cap. 3. Auch die frühern Schriftsteller, namentlich NUNNEZ haben die Höhe der Atmosphäre aus der Dauer der Dämmerung zu berechnen gesucht, doch sind ihre Bestimmungen sehr unvollkommen.

e sieht, so geht noch fast die ganze Gesichtslinie a e durch Luft, die von der Sonne erleuchtet ist, die nicht weit davon entfernte Gesichtslinie a f dagegen liegt ganz im Schatten der Erde; da nun die Luft uns um so mehr hell erscheint, je länger die in erleuchteter Luft fortlaufende Gesichtslinie ist, so sieht der Beobachter a in der Gegend e noch lebhaftere Helligkeit, in f ein relatives Dunkel, und er erkennt also die Grenze E mit ziemlicher Deutlichkeit. Der Beobachter b hat die Grenze der Hauptdämmerung im Zenith; sieht er von ihr westlich nach e, so geht freilich seine Gesichtslinie durch einen kleinen Theil der noch bei e von der Sonne beschienenen Luft; aber die Länge dieses Theiles der Gesichtslinie ist geringe, und überdas gelangt nach e nur sehr mattes Licht, das nämlich auf dem weiten Wege D e durch die Atmosphäre sehr geschwächt ist. Der Beobachter b kann daher die durch sein Zenith gehende Grenze der Hauptdämmerung nicht genau erkennen, wie es auch die Erfahrung zeigt.

Eben so wenig kann der Beobachter H, welchem sich die Grenze der Hauptdämmerung zum Untergange neigt, diese Grenze deutlich unterscheiden; und der helle Dämmerungsschein, den er in Westen so ziemlich begrenzt sieht, ist keineswegs die Hauptdämmerung, sondern eine Mischung beider. Aus zwei Gründen aber ist in H die Abnahme der Helligkeit des Himmels in einiger Entfernung vom Horizont sehr schnell. Der Beobachter in H sieht nämlich erstlich eben den Raum f e, der dem Beobachter in b zum Beispiel 20 Grad breit (ich will annehmen 10 Grad östlich und 10 Grad westlich vom Zenith) erscheint, unter einem sehr viel kleinern Winkel; denn wenn E H etwa $8\frac{1}{2}$ Gr. über dem Horizont läge, so wäre, für eine 2 Meilen hohe Atmosphäre doch immer $H E = 14$ Meilen, und wenn ich $f e = \frac{2}{3}$ Meile setze, so erscheint f e nur unter einem Winkel von weniger als $\frac{1}{2}$ Grad, obgleich der Beobachter in b, f e unter einem Winkel von 20 Graden sieht; die ungleich hellen Punkte erscheinen also dem Beobachter H sehr nahe an einander gerückt. Aber wenn man zweitens auch nur auf die zweite Dämmerung sieht, so muß diese in H und noch mehr in B gegen das Zenith hin schnell abnehmen, da sie an jeder Stelle ungefähr der Länge der Gesichtslinien proportional ist, die für B so abnehmen, wie B f, B g zeigt.

Nach allen diesen Ueberlegungen scheint es mir nicht, daß die Bestimmung der Höhe derjenigen dichtern Luft, welche noch Lichtstrahlen reflectirt, zu einem hohen Grade von Genauigkeit gebracht werden könnte. Die Unsicherheit wird dadurch noch vermehrt, daß wir gar nicht genau angeben können, in welchem Maße die Luft in D, mehr als die Luft in E, durch das von ihr nach f zurückgeworfene Licht dort Erleuchtung bewirken kann. Gewiß ist die Luft in D viel stärker erleuchtet, als die in E, und da von dieser stärkeres Licht gebenden Luft wohl auch f und g, nicht aber nach F Strahlen gelangen, so liegt darin noch ein neuer Grund, warum die zweite Dämmerung sich stark gegen das Zenith abnehmend zeigen muß, wenn wir zu die Zeit, da die Grenze der ersten Dämmerung untergeht, wir durch sie noch Helligkeit am Himmel sehen.

Um indess noch einen Versuch beizufügen, wie man vielleicht die Höhe derjenigen Atmosphäre, die bedeutend viel Licht rückwirft, finden könne, will ich annehmen, die Grenze der Hauptdämmerung gehe dann unter, wenn die Färbung der Abendthe aufhört. Diese Färbung geht zuletzt in ein sehr schmutziges Gelbroth, in eine Art von Braun über, und nach einer Beobachtung, die ich darüber bei sehr heiterm Himmel angestellt habe, ist diese Färbung fast im Verschwinden, wenn der Mittelpunkt der Sonne $11\frac{3}{4}$ Gr. unter dem Horizont ist. Dann ist

$$KAE = KBE = 89^{\circ} 29',$$

$$BKA = 11^{\circ} 45', EKA = 5^{\circ} 52'.$$

Das gäbe $KE - KA = 3, 5$ Meilen, vermuthlich etwas zu wenig, indess mit LAMBERTS Rechnung, der diese Höhe $= 3, 9$ nimmt, gut übereinstimmend.

11. LAMBERT hat nach Voraussetzungen, die freilich auch nicht für ganz genau gelten können, versucht, die Erleuchtung zu berechnen, welche eine horizontale Ebene vermöge der Hauptdämmerung bei verschiedener Tiefe der Sonne unter dem Horizonte erhält¹. Das Merkwürdigste aus dieser Berechnung² ist die schnelle Abnahme der Erleuchtung um die Zeit, da die

¹ Photometria p. 453.

² Von der Anordnung einer solchen Berechnung; S. Art. *Erleuchtung*.

Grenze der ersten Dämmerung durch das Zenith geht, oder wo die Tiefe der Sonne von 6 bis 7 Grad zunimmt. Nach seinen Voraussetzungen geht die Grenze der Dämmerung durch das Zenith, wenn die Sonne $6^{\circ} 23'$ unter dem Horizont ist, und die dann statt findende Erleuchtung einer horizontalen Ebene setzt er $= 1$; wenige Minuten früher, als die Sonne nur $6^{\circ} 5'$ unter dem Horizont war, findet er die Erleuchtung $= 1,75$; und wenige Minuten später, als die Sonne $6^{\circ} 50'$ unter dem Horizont war, findet er sie $= 0,13$. Dieses Resultat, wobei die Wirkung der zweiten Dämmerung ganz unbeachtet gelassen ist, hat doch darum einige Merkwürdigkeit, weil die Erfahrung allerdings lehrt, daß um diese Zeit die Dunkelheit sehr schnell zunimmt; jedoch lange nicht in dem Maße. Es wäre wohl der Mühe werth, durch Versuche hierüber etwas Genaueres auszumitteln.

B.

Dämmerungskreis.

Circulus s. terminus crepusculorum. Man versteht darunter den in 18 Gr. Tiefe unter dem Horizont gezogenen Parallelkreis des Horizonts, weil, wenn die Sonne diesen erreicht, die Dämmerung aufhört.

Auch in einer andern Bedeutung hat man dies Wort gebraucht. Die Dämmerung nämlich, so wie wir sie am Himmel sehen, zeigt sich ungefähr kreisförmig begrenzt, und diese sehr verwaschene Begrenzung kann man allenfalls auch Dämmerungskreis nennen. Den höchsten Punct der Grenze dieses hellen Segments nennt LAMBERT *culmen crepusculi*, den höchsten Punct des Dämmerungsscheines.

B.

Dammerde.

Gartenerde; *Humus*; *Terreau*; *Mould*, *Upper earth*. Hierunter versteht man das zerreibliche Gemenge von mechanisch und chemisch zersetzten Gebirgsarten einerseits, und von vegetabilischen und thierischen Ueberbleibseln andererseits, mit welchem der größte Theil des Erdbodens bedeckt ist, und welches vorzüglich den Pflanzen zur Befestigung und Nahrung dient. Die häufigeren Gemengtheile der Dammerde sind: Quarzsand, Glimmerblättchen, Thon, oft sehr reich an

Eisenoxydhydrat, kohlensaure Bittererde, kohlensaures und schwefelsaurer Kalk, verschiedene Kali- und Ammoniak-salze, zum Theil freie Säure, Wasser, Holzfaser, Moder und Extractivstoff des Humus. Unter letzteren versteht man alle jene organische Materie, welche im Wasser löslich ist, und die häufig in ihrer Natur abweichen mag; unter Moder der nicht in Wasser, aber in Kali löslichen organischen Theil der Dammerde. Dieses Gemenge variirt auf mannigfache Weise in seiner Zusammensetzung, und dadurch ist die verschiedene Fruchtbarkeit desselben bedingt. Im Ganzen ist die Dammerde um so fruchtbarer, je mehr Moder und andere organische Reste sie enthält, um so feuchter, je reicher sie an Thon, um so trockener, je reicher sie an Quarzsand ist, und die in feuchten Gegenden vorkommende saure Dammerde verdankt ihr Eigenthümliches dem Gehalte an freier Essigsäure und Phosphorsäure¹.

G.

Dampf.

Dunst; Vapor; Vapeur; Vapour, Steam. Unter Dampf versteht man jede elastische oder expansibele Flüssigkeit, welche durch den Einfluß der Wärme auf tropfbar flüssige oder feste Körper aus diesen gebildet ist, und ihre expansibele flüssige Beschaffenheit nur so lange vollständig und ohne Veränderung eines Theiles derselben in tropfbar flüssiger oder fester Gestalt beibehält, als die Temperatur nicht abnimmt oder der Raum, in welcher sie eingeschlossen ist, nicht vermindert wird. Einige, z. B. FISCHER² wollen diese Substanzen mit dem Namen *Dunst* belegen, allein hierunter versteht man solchen Dampf, welcher seine Expansion zum Theil schon verloren hat, und mit sehr feinen tropfbar flüssigen oder festen Theilchen gemengt nicht mehr vollkommen durchsichtig ist, wie sich z. B. beim Nebel, über siedendem Wasser, rauchender Salpetersäure oder der wässrigen flusssäuren Boraxsäure, den verbren-

¹ Ueber das Weitere ist vorzüglich zu vergleichen: *Theod. v. Laussure* in Gehlen N. Journ. f. Chemie IV. 684. *Einhof* ebend. VI. 51. und *Schübler* in Schweigger Journal XIX. 454. XXI. 189. XXXVII. 7. und XXXVIII. 141.

² Theorie u. Kritik der Verdunstungslehre. Berl. 1810. p. 7. Anm.

nenden Metallen u. s. w.¹ zeigt: Weil die Wasserdämpfe eben wie die aus andern Flüssigkeiten gebildeten Dämpfe, durch Entziehung der Temperatur nicht mehr ihre der Luft gleiche Durchsichtigkeit behalten, sondern zum Theil in tropfbar Flüssigkeiten verwandelt werden, so hat man der Unterscheidung wegen *Gasarten*, die unter jedem Drucke und bei jeder Temperatur, also *permanent elastischen* Flüssigkeiten genaue *Dämpfe* dagegen solche, welche durch Entziehung der Wärme oder Verminderung des Volumens ihre Expansion verlieren. Dieser Unterschied scheint aber gegenwärtig unstatthaft.

RADAY² hat nämlich durch sinnreiche Versuche gefunden, verschiedene bisher für permanent elastisch gehaltene Gase als Chlor, schwefelsaures Gas, Schwefelwasserstoffgas, salzsaures Gas, Kohlensäure, Ammoniakgas, Salpetergas und Sauerstoffanogen durch starken Druck bei mittlerer Temperatur tropfbar flüssig werden, und es ist daher fraglich, ob nicht auch übrigen Gasarten, namentlich Sauerstoffgas, Wasserstoffgas und Stickgas, welche bis jetzt noch nicht tropfbar flüssig gemacht sind, bei stärkerer Compression diese nämliche Veränderung erleiden werden, wodurch dieser Unterschied der *permanenten Gasform* gänzlich wegfallen würde. Gleich interessant sind ähnliche Versuche von CAGNIARD DE LA TOUR³, wonach verschiedene Flüssigkeiten durch die vereinte Wirkung eines starken Druckes und vermehrte Wärme ohne bedeutende Vergrößerung ihres Volumens völlig expandirt werden. Der Apparat, dessen er sich hierzu bediente, besteht aus einer kräftig gebogenen, an einer Seite etwas erweiterten, an beiden Seiten zugeschmolzenen Glasröhre. In dem etwas weiteren Scheitel Fig. befindet sich zwischen E F die zu untersuchende Flüssigkeit 100. zwischen F D und B das sperrende Quecksilber, von B bis D aber Luft, deren Compression dazu dient, nach dem Mariotteschen Gesetze die Stärke des Druckes zu bestimmen; die Erhitzung geschah in Leinöl, dessen Temperatur durch ein Thermometer gemessen wurde. Ein genaues Caliber der gebrauchten

¹ S. *Dunst*.

² Ann. C. P. XXIV. 396. u. 403. Vergl. Journ. of Sc. Lit. Arts. N. XXXII. 229. Daraus in Schweigg. J. N. R. XIII. 210.

³ Ann. C. P. XXI. 178.

Röhre ist hierbei eine nothwendige Bedingung. Vermittelt des Apparates fand er, daß *Schwefeläther* bei einer Ausdehnung von weniger als dem Doppelten seines ursprünglichen Volumens, mit einem Drucke von 37 bis 38 Atmosphären und durch eine Temperatur von 200° C.; *Alkohol* bei einer Ausdehnung von etwas weniger als dem Dreifachen seines ursprünglichen Volumens mit einem Drucke von 119 Atmosphären und durch eine Temperatur von 259° C.; *Wasser* endlich, welches in Glas auflösete, und daher nicht genau untersucht werden konnte, bei einer Ausdehnung von nahe dem Vierfachen seines Volumens und in der Hitze des schmelzenden Zinkes (274° R. nach Daniell) expandirt wurden ¹.

Inzwischen ist hierdurch der Unterschied zwischen *Dämpfen* und *Gasarten* doch keineswegs aufgehoben, und läßt sich ganz einfach so ausdrücken: die *Gase folgen dem Mariotteschen Gesetze, die Dämpfe nicht*; wobei dann zugleich berücksichtigt werden muß, daß auch dieses Gesetz erweislich nicht in absoluter Ausdehnung anwendbar ist, bei den verschiedenen Gasarten aber leicht in einem ungleichem Umfange anwendbar seyn mag. Um diesen Satz anschaulich zu machen und seine Richtigkeit einzusehen, denke man sich ein Gefäß von gegebenem Inhalte, etwa einen Cylinder, mit Gas gefüllt. Es werde dieses durch einen hineingetriebenen Embolus auf die Hälfte zusammengepresst; so wird ohne Aenderung der Temperatur die Elasticität und Dichtigkeit desselben doppelt seyn. Befände sich in demselben Cylinder aber Dampf statt Gas, so wird unter gleichen Bedingungen sowohl die Elasticität als auch die Dichtigkeit *unverändert* bleiben, die Hälfte des Dampfes aber in tropfbare Flüssigkeit verwandelt werden ². Es werde ferner in dem angenommenen verschlossenen Gefäße die Gasart

1 Es scheint mir sehr unglaublich, daß Glas, an der Lampe aus Röhren geblasen, diese Versuche auszuhalten vermöge, auch stimmen die angegebenen Temperaturen und die ihnen zugehörigen Elasticitäten der Dämpfe nicht mit andern genauen Beobachtungen überein. Auf die beträchtliche Elasticität des Glases ist außerdem nicht Rücksicht genommen. Vergl. *Elasticität*.

2 Eine hiermit zusammenhängende Betrachtung S. unter Nr. 2 gegen das Ende.

stark in einem andern, der Dampf um n Grade des Thermometers erwärmt, so wird zwar, ein gleiches Gesetz der Ausdehnung der Expansibilen, vorausgesetzt, die Elasticität bei unveränderter Dichtigkeit, auf gleiche Weise zunehmen. Dampf aber wird aufhören, die der Temperatur entsprechende Dichtigkeit zu haben. Würde dagegen unter andern Bedingungen die Temperatur beider Gefäße um n Grade erhöht, so wird die Elasticität des Wasserdampfes mehr als die des Gases abnehmen, weil ein Theil desselben in flüssig ausgeschieden wird. Aus alledem geht also ein wesentlicher Unterschied zwischen Gasen und Dampf hervor, ohne daß damit zugleich bestimmt ist, bis wie die Anwendung des Mariotteschen Gesetzes für die verschiedenen Gasarten zulässig seyn mag.

Hierdurch ist also der Unterschied zwischen Gasarten und Dämpfen bestimmt, angegeben, und man darf einfach der in der Art festsetzen, wenn man sagt: *Gasarten*, sind solche expansiblen Flüssigkeiten, welche dem Mariotteschen Gesetze folgen, ohne Rücksicht darauf, wie weit es gültig seyn mag; *Dämpfe* dagegen solche, auf welche das Gesetz nicht anwendbar ist; oder was auf das Nämlche ausläuft: *Gase* sind diejenigen Expansibilen, deren Elasticität und Dichtigkeit im zusammengesetzten Verhältnisse der Temperatur und des äußeren Druckes steht, *Dämpfe* gen solche, deren Dichtigkeit und Elasticität eine Function der Temperatur allein ist.

Um indeß dieses richtig zu verstehen, muß man zu Folgendes wohl berücksichtigen, welches gleichfalls dazu den Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen bestimmen vorzuheben. Es ist nämlich bei den Dämpfen sehr wesentlich zu bestimmen, ob sie im Zustande der Sättigung *Maximo der Dichtigkeit* vorhanden sind, oder sich in diesem Zustande der Sättigung, unter dem *Maximo ihrer Dichtigkeit* befinden, eine Unterscheidung, welche eben dem Mariotteschen Gesetze gemäß bei den Gasen nicht vorhanden ist.

Unter dem Ersteren versteht man diejenige Beschaffenheit haben, wenn in einem gegebenen Raume so viel Flüssigkeit in Dampfform vorhanden ist, als nach den unten zu bestimmenden Gesetzen ihrer Dichtigkeit bei einer bestimmten Temperatur darin enthalten seyn kann. Auf diese Weise erscheinen dann, wenn zur fortgehenden Dampfbildung unausgesetzt hinlängliche Menge Flüssigkeit gegenwärtig ist, der Proceß der Verdampfung lange genug gedauert hat, und der gebildete Dampf nicht auf irgend eine Weise absorbiert oder weggeführt wird. Ohne diese Bedingungen ist der Dampf häufig in einem Räume nicht völliger Sättigung vorhanden, namentlich der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft, welcher selten, z. B. bei regnerischer Witterung oder bei dem zuweilen eintretenden sehr feuchten Zustande der Atmosphäre Zustände der Sättigung, sonst aber in der Regel unter diesen Puncten sich befindet. Weil indess die Dämpfe nur im Zustande der Sättigung allgemeine Bestimmungen zulassen, so ist bei den folgenden Untersuchungen dieser allezeit vorausgesetzt.

Dass der Dampf gänzlich den aërostatischen Gesetzen folge, und hinsichtlich seines Verhaltens den expansibelen Flüssigkeiten mit Recht beigezählt werde, hat Howitz¹ an folgender Erscheinung wahrgenommen. Befindet sich im Gefäße A Fig. 101. Wasser oder eine sonstige verdampfbare Flüssigkeit, aus welcher durch eine untergesetzte Lampe Dampf entwickelt wird, erhöht man beim Sieden derselben die ausgehenden Röhren a und b durch aufgesteckte Stücke abwechselnd bald die eine, bald die andere, so wird allezeit der Dampf, als die leichtere Flüssigkeit aus der höchsten Mündung entweichen, in die Röhre aber zugleich die atmosphärische Luft eindringen.

Man hält sehr allgemein die Dämpfe für eine Verbindung des verdampfenden Körper und des Wärmestoffes, weil derselbe in so viel größerer Menge gebildet wird, je größer die Summe des verbrauchten Wärmestoffes ist, und letzterer aus den Dämpfen in gleichem quantitativen Verhältnisse wieder erhalten wird, als zur Bildung derselben verwandt wurde. Man könnte hiernach die Dämpfe als chemische Verbindungen

¹ Schweigg. J. N. F. XI. 295.

der verschiedenen Substanzen mit dem Wärmestoffe stände dieser Ansicht nicht entgegen, daß der schon Dampf Wärme, und zwar in jedem quantitativen Verannimmt, und dadurch ohne Vermehrung der Menge dampften Körpers in einen größeren Raum ausgedehnt. Ziemlich allgemein bekennen sich gegenwärtig die Physiker von J. T. MAYER, DALTON und LA PLACE aufgestellte Hypothese, wonach die Dämpfe, eben wie die Gasarten aus Molecülen der expandirten Körper bestehen; jedes expandirte Körperchen umgeben, welche die Ursache der Expansion ist¹. Wenn über hiernach, mit Rücksicht auf die angestellten Betrachtungen, ein eigentlich *wesentlicher* Unterschied zwischen Dämpfen und permanenten Gasarten statthaft scheint², so muß man annehmen, daß in verschiedenen Abstufungen die Affinität der expandirten Körper zum Wärmestoffe verschieden sey, so daß einige leichter, andere schwerer abgeben, desgleichen würden sehr ungleichen Dichtigkeit und respectiven Wärmecapacitäten verschiedenen Dämpfe folgen, daß die Molecülen expandibeler Flüssigkeiten ungleich größer sind, als andere, und daß zugleich ihre Wärmeerhöhen sehr ungleich messbar haben. DÖBEREINER³ folgert den ersten Satz aus seinen Beobachtungen, wonach *Wasserstoffgas* aus zerbrochenen Campanen, worin es gesperrt gehalten wurde, entwich, während die nämlichen Risse *andere Gasarten* nicht ließen, welches auf kleinere Mischungsgewichte (Atome) des Wasserstoffes schließen läßt. Soll LA PLACE's oben erwähnte Hypothese hiermit in Uebereinstimmung gebracht werden würde folgen, daß die größten oder auch schwersten Mischungsgewichte der Körper, wie namentlich der Metalle

¹ Vergl. Th. I. 497.

² Robison Mech. Phil. II. 21. nimmt einen Unterschied in der Beschaffenheit der Gasarten und Dämpfe an, nämlich in der Verbindung der Wärme mit der Basis, weswegen Dämpfe bei bloßer Entziehung der Wärme niedergeschlagen würden, Gasarten nicht.

³ Die neuesten und wichtigsten physikalisch-chemischen Entdeckungen. Jena 1823. 4. p. 15.

Wärmeatmosphären besitzen, deren stärkere gegenseitige Repulsionen bei geringerer Anziehung zu den Molecülen als diese letzteren selbst weiter von einander entfernen; hier die mindest dichten Dämpfe bilden, welches vollkommen mit der Erfahrung übereinstimmt, während ihre geringen Elasticitäten wegen der Abstossungen der minder dichten Wärmetheilchen unter einander einem äussern Widerstand entgegenzusetzen. PARROT¹ ist geneigt, verschiedene Arten von Wasserdampf, einen *physique*, einen *chemischen* und einen *Bläschendampf* (r physique, chimique et vésiculaire) anzunehmen; allein die Natur bietet uns keine Erscheinungen dar, welchen solchen Unterschied anzunehmen nöthigen.

Die Gasarten nebst den Dämpfen als eine Verbindung der festen mit wägbaren Grundlagen anzusehen, ist keine neue Entdeckung, sondern schon LAVOISIER² hat dieselbe gehabt, nachher sind SAUSSÜRE³, DE LÜC u. a. dieser Ansicht beizutreten. Am ausführlichsten hat sich DE LÜC hierüber erklärt, namentlich das Feuer oder den Wärmestoff das *fluidum dephlogisticatum* (fluide déferant) genannt, welches die Theilchen der expandirten Flüssigkeit aus einander halten, und das verschiedene Verhalten der Dämpfe, nebst den Veränderungen, welche sie zeigen, bedingen soll⁴. Uebrigens werden alle festen Flüssigkeiten durch den Einfluss der Wärme in Dämpfe verwandelt, und da es gegenwärtig wohl gar keinen Körper giebt, welcher nicht durch die höchsten Grade der Hitze in Dampf oder Gas verwandelt werden könnte, so lassen sich auch alle als mehr oder minder verdampfbar ansehen. Manche Substanzen, namentlich thierische und vegetabilische Stoffe werden früher in ihre Bestandtheile zerlegt, als sie schmelzen und also auch sieden, daher aus ihnen Gasarten entstehen, nicht Dämpfe entstehen. Von den Metallen hat das Queck-

Voigt Mag. III. 1. G. X. 167. Entretiens sur la Physique. IV. Vergl. Boeckmann bei G. XI. 66.

Mém. de Par. 1777.

Essay sur l'Hygrom. Ess. III. ch. 1.

W. A. E. Lampadius kurze Darstellung der vorzüglichsten Theorien des Feuers u. s. w. Gött. 1793. 8. p. 51, Vergl. Gren. J. VIII. 143.

ber; die leichtflüchtigsten, einen Siedepunct, welche leicht schmelzbar, als Wismuth, Zinn, Blei, Zink u. s. w. brennen unter Erzeugung eines sichtbaren Rauches in gelber Kohlenfeuer, die strengflüssigen, als Kupfer, Silber, Eisen, Platin u. s. w. verdampfen in der Flamme des Knallblases, im Focus größerer Brennspiegel und durch den electrischen Batteriefunken; die fixen Alkalien und Metalle aber sind durch die jetzt bekannten Mittel der Erhitzung schmelzbar, und es läßt sich daher über ihre Verdampfung der Erfahrung noch nichts mit Sicherheit Bestimmen.

Die *Quantität* des aus einer Flüssigkeit gebildeten Dampfes wird durch mannigfaltige Umstände bedingt, hauptsächlich durch die Menge der in gleichen Zeiten zugeführten Wärme. Ein Hauptpunct der Temperatur, bei welcher Dampfbildung aus den verschiedenen Flüssigkeiten vor sich zu sehen ist, ist der sogenannte *Siedepunct*, welchem die stets neu gebildeten Dämpfe von einer, dem jetzigen Drucke der auf ihnen ruhenden expansiblen Flüssigkeiten gleichen, Elasticität frei entweichen können¹. In der That werden von vielen Flüssigkeiten auch in geringerer Wärme, als diejenige ist, bei welcher sie sieden, Dämpfe gebildet, ja einige, wie namentlich das Wasser, verlieren auch als Körper durch stete Verdunstung von ihrer Masse, und daher fraglich, ob wir eine bei allen Temperaturen stattfindende Dampfbildung aus allen Körpern anzunehmen haben. Ausführlichere Untersuchung dieses Gegenstandes wird in dem Art. *Verdunstung*² mitgetheilt werden. Hier möge hier nur die allgemeine Bemerkung genügen, daß allerdings fortwährende Verdampfung der meisten Flüssigkeiten bei Temperaturen stattfindet, in welchen sie flüssig bleiben, namentlich des Weingeistes, Schwefeläthers, Wassers, Quecksilbers u. a., daß auch das Eis, ohne im Ganzen zu schmelzen, die Bildung von Wasserdampf gestattet und der Kampfer, wie manche andere Körper, unter Verbreitung eines merkwürdigen Geruches durch eine Art von Auflösung in Dampfform stet

¹ Vergl. *Sieden, Siedepunct.*

² Vergl. *Verdunstung.*

hmen, wonach man zu schliessen berechtigt wird ¹, dass
 nche, einen Geruch verbreitende, Metalle, als Kupfer, Zinn,
 i u. dgl. diese ihre Eigenschaft gleichfalls der Verbreitung
 es unmeßbar dünnen und elastischen Dampfes verdanken.
 am endlich das Verhalten der Dämpfe unter und über dem
 ierpuncte und dem Siedepuncte im Wesentlichen gleich ist,
 mit der Temperatur nach den nämlichen Gesetzen wach-
 le Elasticität und Dichtigkeit abgerechnet, so ist es der Er-
 ung sogar zuwider, mit PARROT ² einen physischen, che-
 chen und Bläschen-Dampf anzunehmen.

1. Latente Wärme des Dampfes.

Wenn irgend eine Flüssigkeit bis zum Siedepuncte erhitzt
 und es wird ihr stets Wärme zugeführt, so bildet sich eine
 ge Dampf, ohne dass weder dieser noch die Flüssigkeit eine
 re Temperatur annehmen, wodurch man berechtigt wird
 schliessen, dass der gebildete Dampf aus den Theilchen der
 üigkeit und der zugeführten Wärme besteht, welche letztere
 it weiter auf das Thermometer wirkt, und daher *latent*
gebunden genannt wird ³. Es entsteht nun die Frage,
 wie Wärme in dem gebildeten Dampfe latent ist? Der er-
 te, welcher hierauf aufmerksam gemacht wurde, war Dr.
 LACK ⁴, indem er entdeckte, dass sehr stark erhitztes Wasser
 in geschlossenen Gefässen durch das Entweichen einer gerin-
 gen Menge von Dampf aus einer kleinen Oeffnung sogleich auf
 den Siedepunct herabfiel, eine Beobachtung, welcher MUSSCHEN-
 BROEK ⁵ nur nahe kam, BLACK aber brachte sie mit der Lehre
 der latenten Wärmestoffe in Verbindung ⁶. Aus der Quanti-
 tät des zur Verdampfung des Wassers verbrauchten Brennma-
 als berechnete BLACK die latente Wärme des Dampfes in der
 Siedhitze zu 445° C. und veranlasste den Dr. IRVINE zu Glas-
 gow zu einer ähnlichen Bestimmung aus der Wärme, welche

¹ Biot Traité I. 284.

Entretiens sur la Physique. IV. 264.

8. *Wärme, latente.*

Aus seinen Lectures on the Elements of Chemistry, art. Steam -
 ing, von Watt bei Robison Mech. Phil. II. 108.

Int. II. 586.

Robison a. a. O. II. 4.

der Dampf dem Kühlwasser einer Destillirblase mittheilte, aus der nur 430° C. gefunden wurden. Nachher stellte W. eine Reihe von Versuchen an, 1765, 1761 und 1783, und aus denselben die latente im Mittel $= 580^{\circ}$ C., aus der letzten aber 560° C., wonach ihm das Resultat der ersten $= 656^{\circ}$ als Irrthum erscheinen mußte¹. Watt befolgte bei diesen Versuchen diejenigen Methoden, durch welche andere Physiker nachher ähnliche Resultate erhalten haben, und welche in der Hauptsache folgende sind.

Fig. 102. 1. Eine kupferne Retorte A mit einem Hahne h wird einer gewogenen Quantität Wasser gefüllt, und über der Rechenpfanne B bis zum Sieden erhitzt, dann die Spitze vermittelst eines festschließenden Korkes in den Hals b der mit einer messenen Quantität Eis gefüllten Vorlage C gesteckt und der Hahn geöffnet, bis eine gewisse Quantität Eis geschmolzen worauf man den Hahn wieder schließt. Die Quantität des dampften Wassers aus dem Gewichtsverluste der Dampfblase und der Gewichtsvermehrung der Vorlage bestimmt, dann hieraus und aus der Quantität des geschmolzenen Eises die latente Wärme des Dampfes berechnet. Soll dieser Versuch genaue Resultate geben, so muß er bei 0° äußerer Temperatur angestellt, oder die Vorlage mit Eis umgeben werden, damit nicht durch die Einwirkung der von Außen eindringenden Wärme eine Quantität Eis schmelze. Nach G. G. Schmidt schmilzt der siedend heiße Dampf auf diese Weise 5,4 mal so viel Eis als das siedende Wasser, und seine latente Wärme daher 540° C.

2. Statt einer Vorlage mit Eis kann man auch eine Vorlage mit Wasser nehmen, und die latente Wärme aus der Vermehrung seiner Temperatur nach dem *Richmannschen* Gesetze berechnen.

1 Watt bei Robison a. a. O. II. 10. Nach Uas Dict. of Chem. Art. Caloric erzählte Watt kurz vor seinem Tode, daß er sich als bloßer Apotheker-Phiolen bedient, und damit die Ausdehnung Dampfes $= 1728$ fach gefunden habe, dergleichen daß ein Kub. Dampfbildung sechs Kub. Z. Wasser von der gewöhnlichen Temperatur bis zur Siedehitze erwärme.

2 Naturl. I. 294. aus seinen ausführlichen Versuchen bei Gmelin J. IV. 312.

stimmten. DESPRETZ ¹ beschreibt diesen Apparat genau. Man
 lt eine gläserne Retorte A B mit einer gewogenen Quantität Fig.
 wasser, erhitzt sie allmähig, und fängt den Dampf in der Vor- 103.
 e H K auf, mißt vor und nach der Verdampfung die Tem-
 peratur des Wassers in der Vorlage, und bestimmt aus der Ver-
 breitung die latente Hitze des Dampfes. Nach PARROT ² soll
 diese Weise die latente Wärme des Dampfes = 524° C. ge-
 raden seyn, nach KLAPROTH und WOLF ³ = 583° . RUMFORD
 ndte zu gleichem Zwecke seinen Calorimeter an ⁴, liefs den
 npf in das zur Abkühlung bestimmte Rohr aufsteigen, und
 d aus zwei Reihen von Versuchen im Mittel ⁵ die latente
 rme des Dampfes = $567^{\circ},195$ C. URE ⁶ vereinfachte die-
 e Apparat sehr, indem er eine kleine Retorte mit kurzem
 le anwandte, aus dieser eine geringe Quantität der zu unter-
 chenden Flüssigkeit vermittelt einer argandschen Lampe in
 e Kugel von dünnem Glase destillirte, welche mit Wasser
 egeben war, und dann aus der dem Wasser mitgetheilten Wär-
 e die latente Hitze des Dampfes berechnete. Hauptsächlich
 bt er durch die Kleinheit der gebrauchten Gefäße, die
 alligkeit der Operation, und auch dadurch genaue Resul-
 erhalten zu haben, daß er das Wasser des Gefäßes etwas
 r nahm, als die umgebende Luft, und dann dasselbe nur
 ut durch die niedergeschlagenen Dämpfe erwärmte, daß
 äßere Umgebung das Mittel zwischen der anfänglichen ge-
 ren und der nachherigen höheren Wärme desselben hielt,
 hierdurch jeden äußeren Einfluß auszuschließen. Auf
 e Weise fand er die latente Wärme des Wasserdampfes
 $537^{\circ},2$ C. Etwas zusammengesetzter, aber nicht minder
 uchbar ist derjenige Apparat, dessen sich DESPRETZ bedien-
⁷, und mit welchem er seine neuesten Versuche in etwas
 serem Maßstabe anstellte. Dieser besteht aus einem Gefä-

¹ *Traité élémentaire de Physique*. Par. 1825. p. 95.

² *Theor. Phys.* II. 54.

³ *Chem. Wört.* I. 640.

⁴ *Vergl. Calorimeter*.

⁵ *Biot Traité*. IV. 712.

⁶ *Phil. Tr.* 1818. II. p. 386.

⁷ *Traité*. I. 95.

Dampf.

Fig.
104

— worin das Wasser zum Sieden gebracht wird, Agsrohre E F in die aus dünnem Kupfer gewickelte Schlange C D, welche sich in einem kupfernen Gefässe v befindet, und aus dem Kühlwasser i letz Um den directen Einfluß der Hitze auf das zu vermeiden, wird ein Schirm von Holz n in dazwisch setzt, und die Oeffnung O dient dazu, die vorhandene Lu weichen zu lassen. Soll hiermit die latente Wärme des pfes gefunden werden, so versteht sich, daß alle Theil Gewichte nach genau bekannt seyn müssen. Sind dann T die Masse und Temperatur des Dampfes, M und t des wassers mit Einschluss des Gefäßes, T' die Temperatur Mischung nach dem Versuche und X die latente Wärm Einheit des Wasserdampfes, so wird die letztere aus der chung

$$m (T - T') + m X = M (T' - t)$$

gefunden, nämlich

$$X = \frac{M (T' - t) - m (T - T')}{m},$$

wobei aber wohl zu berücksichtigen ist, daß das Kupfer Schlange und des Kühlgefäßes nach seiner respectiven Wärmecapacität auf Wasser reducirt werden muß. Es war z. B. in einem Versuche $M = 15956,3$ Grammes, das Kupfer des Gefäßes $3107,8$ Gr., welches nach seiner spec. Wärmecapacität $= 0,095$ auf Wasser reducirt $294,88$ Gr. beträgt, so daß $M = 16251,18$ betrug; m war $204,8$ Gr., $T = 100^\circ$; $t = 29^\circ, 58$, woraus $X = 530^\circ, 9$ gefunden wurde. DESPRETZ fand aus zwei Reihen von Versuchen 531° und 540° als latente Wärme des Dampfes von 100° C. Sonst noch bekannte Bestimmungen sind von LAVOISIER und LAPLACE¹ mittelst ihres Calorimeters zu 555° C., von GAY-LÜSSAC, LAPLACE und DESORMES², nach ihren Versuchen zu 532° , sie haben aber diese GröÙe bis 550° erhöhen zu müssen, von THÉNARD³ im Mittel aus drei Versuchen zu $530^\circ, 2$, oder

¹ Ure a. a. O. p. 337.

² Despretz Traité p. 101. L. J. Thénard Traité de Chimie. 1824. I. 61.

³ Robison Mech. Phil. II, 164.

eglassung des einen, anscheinend ein zu kleines Resultat ge-
 ssen Versuches, zu 538° C.

Die hier mitgetheilten Resultate weichen in der That weni-
 von einander ab, als die Schwierigkeit der Experimente er-
 rten läßt. Indem nun insbesondere die von URE und DESPRETZ
 undenen Bestimmungen das meiste Zutrauen verdienen, so
 anen wir hiernach unbedenklich die latente Wärme des sie-
 id heißen Wasserdampfes in runder Zahl zu 540° C. anneh-
 n, d. h. eine gegebene Menge siedendheißer Wasserdampf
 ird hinreichen, um 5,4 gleiche Mengen Wasser vom Null-
 ncte zur Siedehitze zu bringen, oder würde 540 gleiche Men-
 n um 1° C. zu erwärmen vermögen ¹.

Ueber die Dämpfe anderer tropfbarer Flüssigkeiten sind
 ngleich weniger Versuche vorhanden. Hierhin gehört eine
 lgemeine Angabe von GAY-LÜSSAC ², wonach in Gemäfsheit
 iger Untersuchungen über die Dämpfe die latente Wärme des
 mpfes von *Wasser*, *Alkohol* und *Terpentinspiritus* sich wie
 0,435 : 0,226 verhalten soll, welches durch Substitution der
 für Wasserdampf angenommenen Bestimmung für Alkohol-
 uf 235° , 44 und für den Dampf von Terpentinspiritus
 7,04 C. giebt. Ungleich umfassender, und großes Zutrauen
 sind die Bestimmungen von URE ³, welcher durch
 en beschriebenen Versuche die latente Wärme der Däm-
 n folgenden Flüssigkeiten bestimmte.

Wasser	537°,22
Alkohol (sp. Gew. des Alk. = 0,825)	245,56
Schwefeläther (Siedepunct = 44° ,44)	168,00
Terpentinspiritus	98,82
Petroleum	98,82
Salpetersäure (sp. Gew. = 1,494 Siedep. = 73° ,89)	296,66
Flüss. Ammoniak (sp. Gew. 0,978)	465,15
Essigsäure (sp. Gew. 1,007)	486,11

1 Die Bestimmungen von Sharpe und Thomson S. unten.

2 Ann. de Chim. LXXX. 218. Daraus in G. XLV. 333.

3 a. a. O. p. 389.

Dampf.

Auch DESPRETZ untersuchte aufser dem Wasserda noch die Dämpfe von *Alkohol*, *Schwefeläther* und *Terpentinitus*, sämmtlich vollkommen rein, und fand für dieselben

Wasser	531,0
Alkohol	531,9
Schwefeläther	174,5
Terpentinspiritus	166,2

welche Gröfsen von denen durch UAZ gefundenen bede abweichen, und da sie sämmtlich um ein Merkliches g sind, vorzüglich die für Alkohol und Terpentinessenz gef nen, so könnte man hieraus schliessen, dafs diese Flüssig vielleicht Wasser enthielten, wenn nicht ihre Reinheit ausd lich versichert würde, anstatt dafs UAZ zugesteht, der vo gebrauchte Aether habe etwas Alkohol enthalten, welche nen Siedepunct statt $37^{\circ},78$ auf $44^{\circ},44$ hinaufrückte, ur Alkohol nach seinem spec. Gew. zu schliessen etwas W Beide Gelehrte haben auch versucht, ein allgemeines Gese latenten Wärme der verschiedenen Dampfarten aufzufinder Allgemeinen ergibt die Uebersicht der mitgetheilten Bec tungen, dafs die latente Wärme der Dämpfe so viel gering je dichter sie sind. Aufser den hier genannten Dämpfen sich dieses auch beim Dampfe von *Schwefelkohlenstoff*, d Dichtigkeit = 2,644, noch mehr bei *Jod-Dampf* von 8,611 tigkeit, statt dafs Schwefel schwer verdampft, dessen Dic keit aber nach dem Verhalten der schweflichen Säure un Schwefelwasserstoffsäure zu schliessen der Einheit nahe ist ¹. Ob aber dieses Gesetz streng richtig sey, kann bei Unterschiede in den angegebenen Bestimmungen der lat Wärme vor der Hand nicht ausgemacht werden.

DESPRETZ versuchte ferner, ob man nicht die latente me der Dämpfe ihren Dichtigkeiten beim Siedepuncte umge proportional setzen könne. Zu diesem Gesetze stimmen dings die Dämpfe des Wassers und Terpentinspiritus sel nau, auch Alkoholdampf giebt eine geringe Abweichung demselben, eine stärkere der Aetherdampf, wobei zu bem ist, dafs die hiernach gefundene latente Wärme allezeit die

¹ Despretz a. a. O. 99.

steigt, welche die Versuche geben, wonach also die durch DESPRETZ erhaltenen Gröfsen der Wahrheit noch näher kommen wärden, als die durch URE, wenn anders die aufgestellte Regel der Natur gegründet ist. Letzterer hat dagegen ein anderes interessantes, aber schwerlich in der Natur begründetes, Gesetz gefunden, nämlich, daß die latenten Wärmen mit den Dichtigkeiten multiplicirt, und die Grade des Siedepunctes addirt, eine constante Gröfse geben. Um dieses zu zeigen, vergleicht er die Dämpfe von Wasser, Schwefeläther und Alkohol. Weil er aber der von ihm gebrauchte Aether und Alkohol nicht absolut rein waren, so setzt er die Dichtigkeiten ihres Dampfes, des Aetherdampfes von 4 auf 3,55, des letzteren von 2,6 auf 2,3 herab, des Wasserdampfes = 1 genommen. Nach Graden des Fahrenheit'schen Thermometers giebt dieses Gesetz allerdings sehr reinstimmende Resultate, nämlich für

$$\text{Wasserdampf giebt } 970 \times 1,00 + 212^{\circ} = 1182$$

$$\text{Aetherdampf} \quad - \quad 302 \times 3,55 + 112 = 1184$$

$$\text{Alkoholdampf} \quad - \quad 440 \times 2,30 + 175 = 1185$$

der genau ist die Uebereinstimmung nach Centesimalgraden, nämlich für

$$\text{Wasserdampf giebt } 537,2 \times 1,00 + 100 = 637,2$$

$$\text{Aetherdampf} \quad - \quad 168,0 \times 3,55 + 44,44 = 630,8$$

$$\text{Alkoholdampf} \quad - \quad 245,56 \times 2,3 + 79,44 = 644,2$$

Wenn aber die durch DESPRETZ gefundenen Gröfsen nach dieser Formel berechnet, so giebt

$$\text{Wasserdampf} \quad 531 \times 0,623 + 100 = 430,81$$

$$\text{Aetherdampf} \quad 174,5 \times 2,586 + 35,5 = 486,76$$

$$\text{Alkoholdampf} \quad 831,9 \times 1,613 + 78,7 = 614,05$$

$$\text{Terpentinsp.} \quad 166,2 \times 5,010 + 156,8 = 989,46$$

Die Gröfsen so abweichend sind, daß sich nicht hoffen läßt, von dieser Formel Gebrauch zu machen, wenn nicht die oben aufgenommenen Gröfsen ganz anders bestimmt werden. Es würde es sehr bequem seyn, nach dieser Formel entweder die Dichtigkeiten oder die latente Wärme der Dämpfe zu berechnen.

Eine Frage von großer Wichtigkeit, sowohl wissenschaftlich als insbesondere hinsichtlich ihres Einflusses auf die Construction der Dampfmaschinen ist diese, ob die latente Hitze des Dampfes bei allen Temperaturen die nämliche ist. Haupt-

stächlich veranlafste das Bestreben, bei den Dampfmaschinen größere Wirkung ohne Vermehrung des Brennstoffes zu erhalten, zu dieser Untersuchung, welche daher erst neueren Zeiten angestellt, und bis jetzt weder durch theoretische Betrachtungen noch durch Versuche zur beständigen Entscheidung geführt ist. Der erste, welcher hierüber eine Anstalt anstellte, war SOURDUN in Verbindung mit W. CARO. Sie ließen aus einem Stiefel von bekanntem Inhalte eine bestimmte Menge Dampf von ungleicher Temperatur durch ein kupfernes Rohr in eine hölzerne Wanne mit Wasser treten, bestimmten die latente Wärme aus der Erhöhung der Temperatur des Wassers. Die Elasticität des Dampfes in drei Versuchen war 40, 80 und 120 engl. Zoll Quecksilberhöhe, und die entsprechenden Wärmen wurden $= 523,4, 523,4$ und 528° C. gefunden. Indem nun der Dampf von der Hitze des siedenden Wassers als Mittel aus drei Versuchen dieser nämlich Beobachter 5 gegeben wurde, so würde hieraus folgen, daß mit Vernachlässigung der kleinen Differenzen die latente Wärme des Dampfes in allen Temperaturen gleich sey. Auch DESORMES² glaubt aus den Versuchen von CLÉMENT und DESORMES und aus seinen eigenen mit *Aether*, *Alkohol* und *Terpentinspiritus* angestellten folgen zu müssen, daß die in jeder Art Dampf enthaltene Menge eine beständige Größe sey, so daß also die aus Dampf bei 100° C. und bei $0,76$ erhaltene latente Wärme $= 540$ Calorien sey. Dampf von jedem Drucke und jeder Temperatur die gleiche latente Wärme haben würde. DESORMES gesteht, daß er die Versuche mit größter Sorgfalt angestellt habe, aber dennoch die vielen großen Schwierigkeiten, welche der Erhaltung völliger Resultate entgegenstehen, nicht alle überwunden zu haben dürfe, welches man ihm gern glauben wird, wenn man dieser Sache vertraut ist.

Wie geringe übrigens auch die Zahl der Versuche mag, welche zur Entscheidung dieser wichtigen Frage angestellt wurden, so stimmen doch *alle* in dem erhaltenen Resultate zusammen. THOMSON³ erwähnt die schon 1813

¹ Robison Mech. Phil. II. 160 ff.

² Traité p. 100.

³ Ann. of Phil. N. Ser. III. 302.

achten Versuche eines gewissen JOHN SHARPE, aus welchen
 1. daß einer gegebenen Menge Wassers durch gleiche
 der Erwärmung in gleichen Zeiten gleiche Erhöhungen
 Temperatur mitgetheilt werden, man mag ausgehen, von
 welchem Punkte der Wärme desselben man wolle, so daß also
 Erhitzung desselben von 40° bis 50° F. in der nämlichen
 erfolgen würde, als von 260° bis 270° F., keinen Dampf-
 verlust vorausgesetzt, 2. daß gleiche Gewichte Dampf, von
 einer beliebigen Temperatur eine gleiche Menge Wassers um
 dieselben Grade erwärmen¹. Beide Sätze sagen eigentlich das
 Gleiche, nämlich die latente Wärme des Dampfes ist bei allen
 Temperaturen eine constante Größe, wie schon CLEMENT und
 DORMES, insbesondere SOUTHERN und auch DESPRETZ gefunden
 haben². Daß der letztere scharfsinnige Physiker die Wahr-
 heit dieses in der Lehre von den Dämpfen höchst wichtigen
 Satzes, der übereinstimmenden Resultate aller genauen Ver-
 suche ungeachtet mit Gewissheit auszusprechen noch einiges
 Bedenken trägt, liegt vielleicht in der Rücksicht auf eine Fol-
 gerung, welche zwar nicht er selbst, wohl aber WOLLASTON³
 abgeleitet hat. Die Dämpfe haben außer ihrer latenten
 Wärme noch eine in höheren Temperaturen zunehmende sensi-
 ble, nämlich diejenige thermometrisch messbare, welche ih-
 nen bei größeren Elasticitäten und Dichtigkeiten eigen ist.
 Wenn man diese zusammen genommen geben diejenige Wärme, wodurch
 gewisse Quantitäten Wasser in den angestellten Versuchen auf
 gewisse Grade erwärmt wurden, und die Summe beider ist also
 eine gefundene constante Größe der den Dämpfen zugehörigen
 Wärme. THOMSON setzt hierfür nach den Versuchen von
 SHARPE 1196° F. oder $682,2$ C. Nehmen wir dagegen die oben
 gefundene Größe $= 640^{\circ}$ C., so ist die Summe der latenten
 und der sensiblen Wärme bei 0° C. $= 640^{\circ}$, bei 100° $=$
 $640 + 100$; bei 200° $= 640 + 200$ u. s. w., mithin ist die
 sensible Wärme der Dämpfe bei 640° C. $= 0$. Letzteres ist nur

¹ Aus Manchester Mem. 1813.

² Letzterer drückt diesen Satz so aus: Ainsi le nombre 640, ob-
 sous la pression 0^m, 76 et à 100° , serait encore le même à une
 pression et à une température quelconque.

³ Ann. of Phil. N. Ser. III. 803.

unter der Bedingung möglich, wenn bei dieser Temperatur die Dämpfe aufhören, die Dampfform zu haben, und blofs stark ausgedehntes Wasser sind. Um zu finden, ob dieses wirklich sich so verhalte, wie nicht unwahrscheinlich ist, wenn man berücksichtigt, dafs DANIELL die Rothglühhitze bei Tage auf 539° C. setzt, müfste von der einen Seite die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei dieser Temperatur, und auf der andern zugleich die Ausdehnung des Wasser gefunden werden. Dafs die erstere mindestens mit grofser Wahrscheinlichkeit bestimmt werden könne, wird sich aus den folgenden Untersuchungen ergeben ¹, wonach die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei 640° C. oder 512° R. $= 0,2183$ ist, die des Wassers im Maximum seiner Dichtigkeit $= 1$ gesetzt, und dieses müfste dann die Dichtigkeit des Wassers bei der angegebenen Temperatur seyn. Letztere zu berechnen reicht die für die Ausdehnung des Wassers gegebene Formel ² deswegen nicht aus, weil dann die aus den Beobachtungen unbestimmbaren höheren Potenzen von t fehlen, welche für so hohe Temperaturen nicht fehlen dürfen. Hierzu kommt ausserdem, dafs mit diesen Temperaturen der Druck der Dämpfe stets wächst und namentlich die angegebene von 640° C. nach den nachfolgenden Bestimmungen schon 882 Atmosphären betragen würde. Nehmen wir indels einmal an, dafs die Dichtigkeit des Wassers so abnimmt, dafs die dritten Differenzen constant werden, so finde ich die Dichtigkeit des Wassers unter dieser allerdings sehr hypothetischen Voraussetzung bei 640° C. $= 0,2579039$, welches Gröfse allerdings so nahe kommt, als bei solchen unsicheren Elementen zu erwarten ist, um so mehr wenn man berücksichtigt, dafs alle Ausdehnungen mit den Temperaturen wachsen, die bei der Berechnung gebrauchten Gröfsen blofs aus den Messungen von 4° bis 100° C. entnommen sind. Es hat also allerdings vieles für sich, anzunehmen, dafs Wasser bis 640° C. unter dem erforderlichen Drucke erhitzt, genau diejenige Dichtigkeit erhält, als die Wasserdämpfe bei dieser nämlichen Temperatur haben wurden, und dafs über diesen Hitzegrad hinaus eigentlich keinen Wasserdampf

¹ S. Dichtigkeit des Wasserdampfes.

² Th. I. p. 615.

mehr giebt. Aus dem oben aufgestellten Satze folgt übrigens ferner, daß bei -640° C. der absolute Nullpunct liegen muß, denn bei dieser Temperatur ist die absolute Wärme des Wasserdampfes $= 640^{\circ}$ latente und -640° sensible, mithin $= 0$. Gleich gegen diese Bestimmung im Allgemeinen vieles eingeandt werden kann¹, so ist dieselbe doch bei den Untersuchungen über das Verhalten der Dämpfe von Wichtigkeit, indem sie en hieraus entnommen ist.

Ehe wir indeß den wichtigen Satz, nämlich daß die Wärme gleicher Quantitäten von Wasserdampf, wie auch die Wichtigkeit desselben seyn mag, zum allgemein gültigen Satze ziehen, müssen wir zuvor diejenigen Argumente prüfen, welche ein um die Dampflehre sehr verdienter deutscher Physiker gegen denselben vorgebracht hat. G. G. SCHMIDT erklärt sich gegen denselben, und zwar aus folgenden drei Gründen²:

1. *Es läßt sich eine Temperatur und ein Druck des Dampfes denken, wobei der letztere die Dichtigkeit des Wassers erlangt, und daher unmöglich eine gleiche Wärmecapacität haben kann, als im lockeren (gasförmigen) Zustande.* — Dieses Argument ist innerhalb der gehörigen Grenzen durchaus entscheidend. Nothwendig muß die stets wachsende Dichtigkeit der Dämpfe zuletzt derjenigen des Wassers selbst gleich kommen, und über diese Grenze hinaus kann unmöglich noch ein für den Dampf aufgefundene Gesetz gültig seyn. Allein es bedingt uns nichts, die Gültigkeit desselben bis an diese Grenze zu erkennen, um so mehr, wenn wir berücksichtigen, daß stets neben einander in den Dämpfen vorhandenen, die latente und sensible Wärme eine constante Größe bilden. Ist die erstere $= 0$, so wird keine Dampfbildung mehr stattfinden, vielmehr alle hinzukommende Wärme sensibel seyn, und zur Ausdehnung des Wassers, worein der Dampf dann verwandelt verwandt werden. Daß dieser Punct bei 640° oder 650° C. eintreten müsse, folgt aus den vorstehenden Betrachtungen. Bei ist dann nicht zu übersehen, daß bei hinlänglich starken Verdichtungen der Gefäße die Elasticität des Dampfes durch fort-

¹ Vergl. Wärme.

² G. LXXV. 343.

während erhöhte Wärme stets wachsen kann, jedoch einem andern Gesetze, das Wasser aber, worin der dann übergegangen wäre, von der einen Seite zwar die vermehrte Wärme stets mehr ausgedehnt, durch den gleichwachsenden Druck aber bei etwa aufs Neue hinzukommenden Mengen stets mehr verdichtet werden muß. Inzwischen im Allgemeinen gewagt, aus Versuchen, welche vermäfsig nur in enge Grenzen eingeschlossen sind, allgemeine Gesetze zu entwickeln, ohne dafs jedoch diese Rücksicht die Gültigkeit des Argumentes im Allgemeinen aufheben kann.

2. *Die Kälte, welche das Verdampfen des Wassers in luftleeren Räume hervorbringt, ist ausserordentlich gross zum Theil wenigstens eine Folge des gebildeten sehr dichten Dampfes. Die Dichtigkeit des letzteren steigt nach den Temperaturen unter andern von $\frac{1}{360}$ bis $\frac{1}{62}$ der Dichtigkeit des Wassers und noch weiter zu beiden Seiten. Sollte der Dampf in diesen beiden Zuständen gleiche Wärmecapacität haben, so läfst sich dieses Argument, obgleich sehr scheinbar, leicht widerlegen. Indem nämlich der siedendheifse Dampf so viel Wasser, als er selbst beträgt, um 100° C. zu erhitzen vermag, so muß auch bei gleichen Wärmecapacitäten*

t Graden über 0° gebildete $5,4 + \frac{t}{100}$, also bei 0° se-

mal so viel Wasser, als seine Masse beträgt, um 100° C. zu erwärmen, mithin auch durch seine Bildung eine gleiche Menge um 100° C. oder 100 mal so viel um 1° C. zu erwärmen gen. Hieraus läfst sich der bekannte Leslie'sche Versuch allerdings erklären, indess will ich nicht in Abrede stellen, dafs mir bei der Anstellung desselben die Quantität des verdichteten Wassers allezeit geringer geschienen hat, als hieraus hervorgeht, und verdient das aufgestellte Gesetz auf diesen Versuch weiter geprüft zu werden.

3. *Die beobachtete schnelle Erkaltung des Wasserdampfes, welcher in höherer Temperatur gebildet frei wird, fñhrt auf. — Dafs Wasserdampf, bei welcher Temperatur er gebildet wurde, beim Entweichen sogleich auf den Siedepunkt sinkt, entscheidet sehr für den Satz, dafs die latente Wärme des Dampfes von jeder Elasticität eine constante Gröfse sein mufs. Die Gründe, welche weiter unten ausführlich erörtert werden,*

Theoretische Untersuchungen über Dichtigkeit, Elasticität und spezifische Wärme der Gasarten überhaupt und auch der Dämpfe hat LA PLACE ² angestellt, und mit Benutzung ähnlicher Formeln von diesem aufgestellten Formeln ausführlicher Poisson ³. Aus beiden folgt, daß die Quantität der Wärme in den Dämpfen von jeder Temperatur und Elasticität bei gleichen Verhältnissen gleich ist. Um hierbei das Verhältniß der latenten sensibelen Wärme genauer einzusehen, müßte man die Sache also auf folgende Weise betrachten. Wäre ein gegebenener Raum mit gesättigtem Wasserdampfe von der Temperatur t angefüllt, und dieser Raum würde ohne Verlust von Dampf und Wärme bis zur Hälfte vermindert, so müßte die Elasticität des Dampfes zum Doppelten vermehrt, und dabei durch Compression so viele sensible Wärme frei werden, als erforderlich ist, die Temperatur des zur doppelten Dichtigkeit gebrachten Dampfes zur Temperatur $= t'$ zu erheben, welche dem dichteren Dampfe zugehört, und seine stärkere Elasticität bedingt. Wenn dagegen der Dampf in den doppelten Raum ausgedehnt, müßte hierdurch so viel Wärme gebunden werden, daß die Temperatur diejenige bliebe, welche seiner dann noch anstehenden Elasticität zugehört ³. Es fragt sich nun, in welchem Verhältniß die Dichtigkeiten, Elasticitäten und Temperaturen des Dampfes zunehmen. Entleihen wir zuerst aus den nachfolgenden ausführlichen Untersuchungen hierüber ⁴ die einander zugehörigen Größen, so erhalten wir folgende:

	Dichtigkeiten	Elasticitäten nach Atmosph.
100	1	1,000
170	2	2,131
278	4	4,559

¹ Méc. Cél. Lib. XII. p. 139.

² Ann. G. P. XXIII. 337. Vergl. Gas.

³ Diesen von Dalton aufgestellten Satz erläutert MARESTIER Mémoire sur les bateaux à vapeur des États-unis d'Amerique. Par. 1824.

221. Vergl. Christian Traité de Mécanique industrielle. Par. 1822. III. Vol. 4. II. 201.

S. die folgenden Abschnitte über Elasticität und über Dichtigkeit des Wasserdampfes.

Dampf.

t nach R.	Dichtigkeiten	Elasticität nach At
147,41	8	9,
180,10	16	21,
221,15	32	46,
274,31	64	106,
345,86	128	244,
447,22	256	597,
601,41	512	1429,
867,73	1024	3800,

Die Temperaturdifferenzen, welche hiernach den stets verdoppelnden Dichtigkeiten zugehören, sind hier in Graden der achtzigtheiligen Scale folgende:

t.	$\Delta^1 t$	$\Delta^2 t$	$\Delta^3 t$	$\Delta^4 t$
80,00	18,70			
98,70	22,08	3,38	1,17	
120,78	26,63	4,55	1,51	
147,41	32,69	6,06	2,30	
180,10	41,05	8,36	3,75	
221,15	53,16	12,11	6,28	
274,31	71,55	18,39	11,42	
345,86	101,36	29,81	23,02	1
447,22	154,19	52,83	59,30	8
601,41	266,32	112,13		
867,73				

Vergleichen wir auf gleiche Weise die Reihe der Elasticitäten, so erhalten wir folgende Differenzen:

E.	$\Delta^1 e$	$\Delta^2 e$	$\Delta^3 e$	$\Delta^4 e$
1,000	1,131			
2,131	2,428	1,297	1,562	
4,559	5,287	2,859	3,486	
9,846	11,632	6,345	7,161	
21,478	25,138	13,506	21,454	
46,616	60,098	34,960	42,524	
106,714	137,582	77,484	139,548	
244,296	353,614	216,032	261,961	1
597,910	831,607	477,993	1061,479	17
1429,517	2371,079	1539,472		
3800,596				

Wenn wir einstweilen voraussetzen, daß die Elasticitäten und Dichtigkeiten des Wasserdampfes in der vorstehenden tabellarischen Uebersicht richtig angegeben sind, so sehen wir, daß beide zwar nach einem ähnlichen Gesetze wachsen, als Temperaturen, aber keineswegs genau nach dem nämlichen. CHRISTIAN¹ stellt ferner den Satz auf, daß die Temperatur $22^{\circ} \text{C.} = 17,6 \text{ R.}$ wachsen müsse, wenn die Elasticität des Dampfes um eine Atmosphäre vermehrt und seine Dichtigkeit doppelt werden solle. In geringer Ausdehnung ist diese Behauptung allerdings nahe richtig, allein sie kann keineswegs allgemein gültig angesehen werden, wie folgende Zusammenstellung ergibt:

t	Δt	e	t	Δt	e
80		1,000	135	5	6,9981
97	17	1,9987	140	5	8,0579
109	12	3,0870	144	4	8,9890
117	8	4,0375	148	4	9,9996
124	7	5,0426	152	4	11,0940
130	6	6,0484	155	3	11,9710

Versuche von SOUTHERN² stimmen gleichfalls keineswegs mit dieser Behauptung CHRISTIAN's überein, sondern mit der obigen Tabelle, wonach die Erhöhung der Temperaturen mit gleichen Vermehrungen der Elasticitäten stets abnimmt. Ihm gehören nämlich zu den Temperaturen $= 229^{\circ}, 270^{\circ}, 311^{\circ} \text{ F.}$, deren Differenzen $= 41^{\circ}, 25^{\circ}$ sind, die Elasticitäten 40 Z., 80 Z. und 120 Z. engl. der Quecksilberhöhen.

Diese Untersuchungen dienen als Vorbereitung zu einer andern, nämlich über die Wärmemenge, welche sensibel werden kann, wenn Dampf von einem gegebenen Volumen in ein geringeres mit wachsender Dichtigkeit und ohne Ausscheidung eines Antheils desselben in tropfbar flüssiger Gestalt zusammengebracht wird. Ließen sich die in der obigen Tabelle enthaltenen Größen als völlig genau ansehen, so würden sie aller Wahrscheinlichkeit hinreichen, einen allgemeinen Ausdruck hierfür aufzufinden, wenn es sich anders der Mühe lohnte. Allein für die

¹ a. a. O.

² Robison Mech. Phil. II. 160.

Dampf

praktische Anwendung würde dieses unnütz seyn, indem einer wirklichen Compression eine Quantität Wärme durch Wände des Gefäßes entzogen werden müßte, bei der Annahme in einen größeren Raum aber, wie dieses bei den genannten Expansionsmaschinen ¹ wirklich vorkommt, ist die Hitze der Wandungen allezeit größer, als die des expandirenden Dampfes. Theoretisch geht soviel hervor, daß bei der Compression zu einem gleichen Vielfachen der gegebenen Dichte so viel mehr Wärme frei wird, je dünner der Dampf ist, welches mit der oben aufgestellten Ansicht von der Natur der Dämpfe vollkommen übereinstimmt. Poisson ² giebt eine Formel, mittelst welcher bei Gasarten (und auch bei Dämpfen) die durch Compression freiwerdende Wärme gefunden werden kann, nämlich:

$$t' = (266,67 + t) \left(\frac{\rho'}{\rho} \right)^{k-1} - 266,67$$

worin t' und t die höheren und niederen Temperaturen sind vor der Compression, ρ' und ρ die größere und geringere Dichtigkeit, k den Coefficienten der Ausdehnung der Gase durch Wärme, nämlich 1,375 bedeutet, 267,67 aber LA PLACE die Wärme des Raumes bezeichnet. Daß diese Formel unzureichend sey, fällt in die Augen, indem sie die Dichtigkeit, wovon man ausgeht, nicht Rücksicht nimmt, welche doch auf allen Fall von bedeutendem Einflusse ist, und auch, daß die in der oben gegebenen Tabelle enthaltenen Zahlen nicht absolut richtig seyn sollten. Sucht man indessen Beispiels wegen die durch eine Compression bis zum Doppelten der Dichtigkeit frei werdende Wärme, so erhält man

$$t' - t = 79,16 + 0,2968 t$$

welches für $t = 100^\circ \text{C.}$ gesetzt $t' = 208,68 \text{ C.}$ geben würde mit demjenigen, was über das Verhalten der Dämpfe unbestimmt bekannt ist, durchaus nicht übereinstimmendes Resultat. Ueberhaupt sieht man bald, daß diese Formel nur für sehr niedere Temperaturen mit der Erfahrung übereinkommende Resultate giebt.

¹ S. Dampfmaschine.

² a. a. O. Vergl. Gas.

man kann, für mittlere und höhere Temperaturen aber überbar ist. Indefs wird nach LA PLACE und POISSON mit vorausgesetzt, daß keine Entweichung der Wärme durch die Wände der Gefäße statt finde, zugleich aber bringen beide die Ausdehnung des Raumes in Rechnung, deren Daseyn noch nicht erwiesen ist. POISSON berechnet selbst aus seiner Formel die Compression der Luft (womit übrigens die Dämpfe ihrem Verhalten gleichartig seyn sollen) bis zum Grade der Dichtigkeit 221° C. Wärme ausgeschieden werden, welches zum Zünden des Zündschwammes für hinreichend angesehen wird. Allein weder dieses Letztere dürfte ohne Weiteres wahr anzusehen seyn, noch auch stimmt das Ganze mit Erfahrung überein, wonach durch eine fünffache Verdünnung gewiß kein Entzünden erfolgt. Genaue Versuche hierzu liegen nahe an die Unmöglichkeit, und daher geben auch die vorhandenen so ungenügende und wenig unter sich stimmende Resultate. ROBISON¹ erzählt, daß er sieben Volumen Wasserdampf sich in den fünffachen Raum haben lassen, wobei nach einem empfindlichen Luftthermometer die Temperatur vier bis fünfmal so tief herabging, als bei der nämlichen Temperatur eben so weit ausgedehnt wurde. Berechnen wir dieses Resultat nach den bekanntesten Dichtigkeiten und den ihnen zugehörigen Temperaturen, so ist die Dichtigkeit des Dampfes bei der Siedehitze 80° R. nur fünfmal geringeren etwas über 46, der Unterschied also 34° R. welche sonach bei fünffacher Verdünnung eintreten müßten. Soll nun die Verminderung der Temperatur bei der Verdünnung der Luft im Mittel 4,5 mal geringer seyn, so gehören dieser nur $7^{\circ},56$ R. zu, mithin einer bis dahin verdoppelten Volumen $3^{\circ},024$ R., und eben so viel müßte der Verdichtung frei werden. Sehr verschieden hieraus das Resultat eines Versuches, welcher SOUTHERN² anstellte, welches seiner Meinung nach für genau gelten darf. Er dehnte die Luft in einen im Verhältniß von 2 : 3 größern Raum aus, und gab eine Temperaturverminderung von 19° bis 20° F.,

1. ech. Phil. II. 20.

a. O. p. 166.

welches für das Verhältniß von 1 : 2 eine Verminderung $26^{\circ},66$ F. oder $11^{\circ},85$ R. giebt. Wird siedendheißer Dampf bis zur Hälfte verdünnt, so gehören dieser Dichte 64° R. zu, mithin müssen 16° R. latent werden, nähme aber, um genau bei SOUTHERN's Versuche zu bleiben, die Ausdehnung der Luft bei mittlerer Temperatur im Verhältniß von 2 : 3 eine Wärmeverminderung von $19^{\circ},5$ F. = 10° R. beträgt, Dampf gleichfalls von mittlerer Temperatur, also 15° R., und verdünnte diesen im Verhältniß von 2 : 3, so würde man solchen erhalten, dessen Dichtigkeit zu 10° R. und es würden also nur 5° R. gebunden werden. Aus vielfachen Vergleichung folgt augenfällig, daß zur Aufbestimmung bestimmter Gesetze hierüber noch keineswegs genügend Thatsachen vorhanden sind.

Mit dieser Untersuchung zusammenhängend ist eine Erscheinung, nämlich die Erzeugung von kalten, wenigstens nicht feuchten, Wassertröpfchen aus frei aufsteigendem Dampfe vor der Hand. Diese Erscheinung erfolgt nur dann, wenn ein Gefäß mit Wasserdampf von hohem Drucke plötzlich geöffnet wird, und ein Theil Dampf entweicht, aus dessen Verdichtung oder vielmehr weit wahrscheinlicher, aus den mechanisch fortgerissenen Wasserpartikelchen die demnächst herabfallenden Tröpfchen dann gebildet werden, welche auf der Haut die Empfindung von Kälte erregen. PERKINS giebt an, dieses Phänomen bei seiner Dampfmaschine beobachtet zu haben, und BERT¹ zieht die Thatsache in Zweifel, allein ich selbst habe oftmals bei Versuchen mit dem Papinischen Digestor beobachtet, gefunden, wenn der sehr elastische Dampf das Ventil aufspringt und mit großem Geräusche entweicht². Die Erklärung des Phänomens liegt übrigens sehr nahe. Sind nämlich die herabfallenden kleinen Wassertröpfchen mechanisch fortgerissenes Wasser, so ist in diesem der Proceß der Dampfbildung eingeleitet, muß um so viel sicherer eintreten, je mehr der plötzliche

¹ Ann. LXXV. 124. Der Ausdruck Perkins's, daß der Dampf von hohem Drucke selbst die Empfindung von Kälte erzeuge, ist wohl ganz richtig, indem diese vielmehr durch die zugleich herabfallenden Wassertröpfchen hervorgebracht wird.

² Vergl. G. G. Schmidt bei G. LXV. 343.

underte Druck ihn erleichtert. Wird aber nur eine geringe Quantität Dampf, und noch dazu sehr dünner, hiervon gebildet, so reicht die erforderliche latente Wärme desselben hin, um den Rest des Wassers bis zu einer bedeutend niedrigen Temperatur abzukühlen. Entständen die Wassertröpfchen aus condensirtem Dampfe, so müßte man annehmen, daß zuerst die sensible Wärme des Dampfes von hoher Pressung durch die Expansion desselben gebunden würde, dann aber die aus dem zu Wasser condensirten Dampfe entbundene latente Wärme sich erstreue, und zum Theil durch den während des Fallens und überhaupt während der Bewegung der Tröpfchen gebildeten Dampf gebunden werde. Der hierbei gebildete Dampf nämlich, als eine der Temperatur der umgebenden Luft proportionale Feuchtigkeit erhalten, mithin stark ausgedehnt werden, und kann nach auf keine Weise wärmer als die umgebende Luft seyn. Aus gleicher Ursache wird ein Theil des aus einem Gefäße mit kiedendem Wasser aufsteigenden Dampfes bei seiner Berührung mit der äußeren Luft in Dunst verwandelt, und schwebt als solcher über der Oberfläche des Wassers ¹, auch steigt ein Thermometer, dessen Kugel man längere Zeit in den Dampfstrom aus der Mündung einer Dampfkugel hält, nicht auf den Siedepunct, obwohl der Dampf unmittelbar bei seinem Austritte aus jener Mündung noch über diesen Punct erhitzt seyn muß, und stets eine Menge condensirtes Wasser von der Thermometerkugel abtröpfelt, wobei indess der entstehende Luftstrom, als Folge der schnellen Bewegung des Dampfes, zugleich berücksichtigt werden muß. Daß Dampf von hohem Drucke, wenn er frei wird und gegen ein Thermometer strömt, nie über den Siedepunct heiß seyn könne, wie G. G. SCHMIDT beobachtet hat ², daß auch dieser das Thermometer nicht bis zur Siedehitze bringen machen kann, folgt gleichfalls aus dem Gesagten von selbst.

Uebrigens scheint die Erscheinung, daß ein Theil des Dampfes, von welcher Temperatur er seyn mag, beim Entweichen die freie Luft niedergeschlagen und als Dunst sichtbar wird, nur zu entscheiden, daß die gesammte Wärme im Dampfe von

¹ Vergl. *Dunst*.

² G. LXXVI. 350.

niederer Temperatur oder von geringerer Elasticität größer als in dichterem von größerer Elasticität, worauf sich das erwähnte, von G. G. SCHMIDT aufgestellte dritte Argumentet. Wäre nämlich die Wärme im Dampfe von jeder Temperatur und Dichtigkeit eine constante Größe, so müßte die sensible Wärme des dichteren Dampfes in dem dünneren latent werden, und hierdurch gerade hinreichen, um denselben bis zum erforderlichen Grade zu expandiren. Insofern aber Dampfbildung bildet wird, scheint die vorhandene sensible Wärme nicht hinreichend zu seyn. Genau genommen entscheidet diese Erfahrung dennoch gleichfalls für den Satz, daß die Wärme des Dampfes bei jeder Temperatur eine constante Größe würde nämlich zur größeren Expansion des frei entweichenden Dampfes noch Wärme erfordert, so müßte in der Nähe des Processes eine allmählig höchst empfindliche Kälte entstehen, welches nicht der Fall ist; vielmehr wird aller Dunst, welcher auch die Temperatur des Dampfes war, woraus er gebildet wurde, und wie niedrig die Temperatur der Umgebung ist, er entweicht, stets wieder expandirt, ohne eine andere Wärmequelle, als diejenige, welche durch die sensible Wärme des Dampfes selbst gegeben ist. Der partielle Niederschlag oder die Bildung des Dunstes muß diesemnach daraus erklärt werden, daß wegen des Widerstandes der Luft gegen die Ausbreitung des Dampfes und ihrer schon vorhandenen Uebersättigung der Dampf der neu hinzukommende nicht augenblicklich expandirt und die sensible Wärme nicht sofort latent werden kann. Daher irgend ein Körper jene entzieht, ehe sie latent werden kann, so wird der Dampf tropfbar flüssig niedergeschlagen.

Vielleicht führen diese Betrachtungen zur Beantwortung einer der schwierigsten Fragen, welche in Beziehung auf die Benutzung der Wasserdämpfe als erste Bewegung der bekannten Dampfmaschinen aufgestellt sind, und welche hier, vor der Beschreibung und Erläuterung derselben Untersuchung kommen kann, nämlich ob zur Hervorbringung einer gleichen Kraft Dämpfe von höherer Elasticität mit größerem Vortheil rücksichtlich des erforderlichen Aufwandes an Brennmaterial angewandt werden, oder nicht. Die Ansichten der Physiker über diesen Gegenstand waren allezeit sehr verschieden und einander widersprechend, wobei sie ent-

ihre Meinungen äufserten, oder zugleich die Gründe angaworauf dieselben sich stützten, ohne dafs die Sache bis zur endlichen Entscheidung gebracht ist; die vorhandenen Urtheile aber sind im Allgemeinen noch zu unvollständig, unterliegen dem eigenen Schicksale, dafs sie von einigen als vollgültig und beweisend angesehen werden, während andere sie als durchaus ungültig und vielmehr das Gegentheil darzulegen betrachten. Es ist daher gewifs nicht unzweckmäfsig, auch auf die Erfahrungen, sowohl den theoretischen Betrachtungen, als auch den Erfahrungen die wesentlichsten namhaft zu machen.

Nicht unbedeutend ist der seit langer Zeit in England herrschende Glaube, dafs die Maschinen mit hohem Drucke hinsichtlich des geringeren Erfordernisses von Feuermaterial vortheilhaft benutzt würden, wie namentlich THOMSON¹, MILLINGTON², STUART³ u. a. behaupten, und weswegen auch die Nordamerikaner vorzugsweise oder vielmehr mit blofs ein oder zwei Ausnahmen⁴ solche Maschinen auf ihren Dampfschiffen anwenden, so dafs jedoch nach STUART bis jetzt noch genügende Versuche im Grofsen zur Entscheidung dieser Frage angestellt sind.

Ganz neuerdings ist indess dieser Gegenstand vorzüglich durch die Untersuchung gekommen bei Gelegenheit der durch PERKINS angegebenen Dampfmaschinen, welche der Ankündigung im Patentgesuche nach nur den zehnten Theil des Brennmaterials der Maschinen mit niedrigem Drucke erfordern sollte. Als aber diese neue Erfindung bekannt geworden, als überall Stimmen erhoben, welche zum Theil mit Leidenschaft für und wider diese Maschine im Allgemeinen, oder gerade die versprochene grofse Ersparung an Brennmaterial im Belieben entschieden. Blofs diese letztere kommt hier in Betrachtung, indem PERKINS Dampf von einem bis 35 Atmosphären hohem Drucke anwenden will, und zugleich behauptet, dafs

¹ Ann. of Phil. New. Ser. III. 394. Er beruft sich dabei auf die Erfahrungen bei den Dampfmaschinen in Cornwallis, obgleich die angegebenen theoretischen Gründe unzulässig sind.

² Grundrifs der theoretischen und Experimentalphysik. d. Ueb. m. 1825. 8. I. 384.

³ A descriptive History of the Steam-Engine. Lond. 1824. 8. a. 1.

⁴ Stuart a. a. O. p. 167.

hierin ein Hauptgrund der Ersparung von Brennmateri-
 Ist dieses wirklich der Fall, so muß der heißere Dampf
 hältnißmäßig weniger Wärme zu seiner Bildung erforder-
 lich auch weniger latente besitzen, als der kältere. An-
 men nämlich es würde Dampf von der Dichtigkeit einer
 sphäre angewandt, um einen Embolus von der Fläche ein-
 dratfußes durch einen Raum $= 1$ zu bewegen, und
 die hierzu erforderliche Menge desselben $= 1$, man
 aber statt dessen Dampf von der Elasticität zweier Atmo-
 an, so würde bei gleicher Fläche des Embolus und
 Erhebung desselben zwar die doppelte Wirkung erhalten
 den, zugleich aber auch die doppelte Menge des in Dampf
 doppelter Dichtigkeit verwandelten Wassers, mithin ein
 doppelter Aufwand von Brennmateri-
 die latente Wärme des Dampfes von jedem Drucke eine
 te GröÙe, und der Elasticität und Dichtigkeit direct pro-
 portional ist. Ohne auf eine detaillirte Entscheidung diese-
 einzugehen erklärte unter andern BREWSTER¹, die Er-
 entscheide bestimmt für die von PERKINS angewandten
 höherer Temperatur. Außer vielen, auf gleiche Weise da-
 cip der Perkins'schen Dampfmaschine verwerfenden od-
 senden Aeußerungen² sind mir keine genauen Untersu-
 des Gegenstandes bekannt geworden.

Poisson's oben erwähnte Formeln enthalten auch
 Bestimmung der Wärme, welche für Dampf von versch-
 Elasticität erforderlich ist, nämlich

$$V = \frac{h v}{0^m, 76} \cdot \frac{187^{\text{gr}} 33}{266,67 + t} Q.$$

worin V die erforderliche Wärme, h die Elasticität nach
 silberhöhen gemessen, v das Volumen bezeichnet, ein
 Decimeter als Einheit angenommen, Q aber die zur Ver-
 lung des Wassers in Dampf erforderliche latente Wärme,
 für alle Temperaturen derjenigen nahe gleich ist, wodu-
 Wasser von 0° in Dampf von 100° Temperatur ver-

¹ Edinb. Journ. of Sc. N. I. 146.

² Vergl. Fresnel in Ferrussac Bulletin, Sc. Math. 18
 p. 59.

wird, oder 650° C. nach POISSON ¹. Hiernach stände also V im umgekehrten Verhältnisse von $266,67 + t$, woraus folgt, daß die zur Erzeugung des Dampfes von höherer Spannung erforderliche Wärme nicht gleichmäßig mit den Elasticitäten zunimmt, und also aus der Anwendung des heißeren Dampfes ein Vortheil rücksichtlich des Aufwandes von Brennmaterial erwächst. Daß aber diese aus theoretischen Sätzen gefolgerten Formeln keine mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate geben, ist oben an einem Falle, nämlich der Berechnung der durch Compression frei werdenden Wärme schon gezeigt, und wird sich unten noch weiter ergeben, auch gesteht POISSON selbst ein, daß der Vortheil, welchen hiernach die Maschinen mit höherem Drucke geben müßten, bedeutend von demjenigen abweiche, was bisher durch Erfahrung gefunden ist. Inß führen die Versuche, welche CHRISTIAN ² anstellte, um zu ermitteln, ob die Anwendung des Dampfes von größerer Elasticität vortheilhaft sey, ganz entschieden zu dem Resultate, daß der Nutzeffect der Dampfmaschinen mit der Spannung des Dampfes wächst, und eben dieses folgt aus den Berechnungen, welche C. BERNOULLI ³ in Gemäßheit der bisherigen Erfahrung mitgetheilt hat.

MARESTIER, welcher sich ganz neuerdings mit diesem Gegenstande beschäftigt hat ⁴, erörtert denselben auf eine für die Dampfmaschinenlehre im Allgemeinen und die Anwendung der sogenannten Expansionsmaschinen ⁵ sehr entscheidende Weise. Er geht hierbei von einem durch DALTON aufgefundenen Grundsatz aus, daß die Menge des Wassers, welche während einer gegebenen Zeit verdampft, mit der Temperatur wächst, und die Elasticität des Dampfes bei der ihn erzeugenden Tempera-

¹ Diese Bestimmung ist nach CLÉMENT und DESORMES. Oben ist statt dessen 640° C. angenommen, und nachgewiesen, daß gleiche Elasticitäten Dampf von verschiedenster Elasticität gleiche Wärmemengen enthalten.

² Mécan. Ind. II. 345.

³ Anfangsgründe der Dampfmaschinenlehre. Basel 1824. 8. p. 10.

⁴ Mémoire sur les bateaux à vapeur des États unis d'Amerique. 1825. 4. p. 221.

⁵ S. Dampfmaschinen.

tur proportional ist. Der erste Theil dieses Satzes ist wohl ohne Zweifel richtig; der zweite aber könnte zu der Folgerung führen, daß man bloß nöthig habe, das Wasser erst bis zu einer sehr hohen Temperatur zu erhitzen, und daß es dann gleich viel sey, ob man ein gleiches Volumen Dampf von hoher oder niedriger Temperatur erzeuge, eine Folgerung, welche mit dem aus den angegebenen Erfahrungen entnommenen Grundsatz im Widerspruche steht, wonach die latente Wärme des Dampfes von jeder Elasticität eine constante oder mindestens nahe constante Größe ist, und wonach also namentlich ein gleiches Volumen Dampf von zehnfacher Dichtigkeit auch zehnmal mehr absolute Wärme enthalten muß, als von einfacher. Indefs hat MARESTIER diesen Satz nicht so genommen, sondern er sagt: *zugegeben daß der Verbrauch von Brennstoffmaterial zehnfach wäre, so würde doch der Dampf dann noch eine zehnfache Spannung haben, und kann sich also (in Beziehung auf die Expansionsmaschinen) in einen zehnfachen Raum ausdehnen, bis er die Elasticität einer Atmosphäre annimmt, welche Kraft eben bei den Expansionsmaschinen zu Vorthail benutzt werden kann.* Indefs kommt insbesondere noch Folgendes in Betrachtung, was MARESTIER's Scharfsinn nicht übersehen hat. Die den Dampfkessel berührende heiße Luft streicht auf allen Fall schnell unter demselben hin, und kommt gleich heiß aus dem Schornsteine, es werde Dampf von niedriger oder hoher Temperatur gebildet. Gesetzt sie theilte dem kälteren Wasser in gleichen Zeiten auch mehr Wärme mit, als dem heißeren, welches indefs noch keineswegs erwiesen ist, so findet doch immer eine große Differenz zwischen der weißglühenden Luft (Flamme) und dem Wasser im Kessel auch dann statt, wenn aus letzterem Dämpfe von sehr hohem Drucke erzeugt werden, wobei wegen der Schnelligkeit des Hinströmens dieser heißen Luft um so viel mehr Wärme verloren wird, je größer die Differenz ihrer Hitze beim Entweichen in den Schornstein und des Wassers im Kessel ist.

1 Wenn MARESTIER a. a. O. sagt, eine gewisse Quantität Dampf bedürfe stets eine gleiche Menge Wasser zur Condensation, er möge vor größerer oder geringerer Elasticität seyn; desgleichen: es sey seiner Bildung nur so viel Wärme erforderlich, als er selbst dem C

Dabei fragt es sich, ob nicht vielleicht PERKINS's Maschine eine Expansionsmaschine von hohem Drucke ist, in welcher der Dampf von seiner anfänglichen Temperatur bloß so weit herabgeht, als derjenigen Elasticität proportional ist, bis zu welcher er expandirt wird, wonach also die ganze ihm mitgetheilte Elasticität benutzt würde, ohne denjenigen Wärmeverlust, welcher mit der gewöhnlichen Condensation nothwendig verbunden ist.

Vorzugsweise hat man sich auch in Deutschland mit der Begründung dieses Gegenstandes beschäftigt, und eine Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung aufzufinden, der die letztere als unrichtig zu widerlegen gesucht. Gleich Anfangs äußerte sich GILBERT ¹ gegen die von PERKINS und seinen Anhängern aufgestellten Behauptungen als mit Theorie und anderweitigen Erfahrungen im Widerspruche stehend. Hiergegen zeigte G. G. SCHMIDT ², daß die Angaben von PERKINS allerdings mit der Theorie übereinstimmen, wenn man zur Prüfung derselben die von ihm aufgestellten Formeln anwende, welche unten näher angegeben werden sollen. Ferner folgt aus der auf den Nutzeffect und die verbrauchte Quantität des Wasserdampfes gestützte Berechnung desselben, daß der Verbrauch von Brennmaterial bei PERKINS's und WATT's Maschinen gleiche Effecte im Verhältniß von 2 : 3 steht, wobei aber noch bleibt, ob die bei beiden angegebene, mit der Theorie übrigens nach den gebrauchten Formeln übereinstimmenden Werte auch wirklich die richtigen sind ³. Hierbei ist aber noch zu berücksichtigen, daß nach allen über die Dichtigkeit der Dämpfe aufgestellten Formeln diese im zusammengesetzten und umgekehrten Verhältnisse der Elasticitäten, und im umgekehrten der

Condensationswasser mittheile; jeden anderweitigen Wärmeverbrauch, als der zur Dampfbildung verwandt wird, ausgeschlossen; so ist dieses an sich vollkommen richtig, und kann nicht zu Mißverständnissen führen, wenn man nur berücksichtigt, daß den Erfahrungen nach ein Volumen n -facher Dichtigkeit n mal so viel Condensationswasser auf gleiche Weise erhitzt, als ein gleiches Volumen Dampf von einfacher Dichtigkeit.

¹ Ann. LXXV. 124.

² G. LXXV. 343.

³ Vergl. Dampfmaschine, Effect derselben.

Temperaturen steht, mithin zur Erhaltung z. B. der doppelten Elasticität nicht die doppelte Quantität Dampf erforderlich und dieses entscheidet ganz offenbar für einen Vortheil zu Gunsten der Dampfmaschinen mit hohem Drucke, insbesondere von PERKINS erfundenen ¹. Um dieses sowohl im Allgemeinen als auch in specieller Beziehung auf die Perkins'schen Maschinen deutlich zu machen, wollen wir abermals die dem zu bestimmenden Elasticitäten und Dichtigkeiten als genau aussetzen, und bei der Berechnung benutzen. Bei Perkins'schen Dampfmaschinen wird ein 35facher Luftdruck vermittelt Dampfes durch die hierzu erforderliche Heizung erzeugt, von aber $\frac{1}{5}$ tel unbenutzt bleibt, indem der Dampf bis zur Temperatur von 5 Atmosphären abgekühlt, und so wieder in den Generator zurückgepresst wird. Bei den gewöhnlichen Dampfmaschinen von einfach atmosphärischem Drucke wird der Dampf höchstens bis etwa 50° C. wieder abgekühlt, welcher Temperatur 3,4 Z. Quecksilberhöhe zugehört, so daß also hierbei nahe $\frac{1}{5}$ tel, in der Wirklichkeit gewiß volle $\frac{1}{5}$ tel verloren wird. Nehmen wir nun ferner an, daß im Verhältnisse beider ungleicher Elasticitäten die zum Hineinpressen des Dampfes in den Generator bei Perkins's Dampfmaschinen erforderliche Kraft derjenigen gleich ist, welche bei den Watt'schen die Bewegung der Condensationspumpe verwandt werden, so wird der Nutzeffect beider im umgekehrten Verhältnisse zur Erzeugung des Dampfes erforderlichen Wärmemengen stehen. Hiernach ist dann, die Dichtigkeit des Dampfes von atmosphärischem Drucke als Einheit angesehen die des 35fachen elastischen = 24,8, oder in runder Zahl = 25, mithin

1 Millington a. a. O. p. 385. sagt geradezu: *da es klar besteht, daß die Zunahme an Kraft in dem Dampfe größer ist, als nütze in der Feuerung, um diese hervorzubringen; allein, auf diese Weise dieses bewiesen sey, wird nicht angegeben.*

2 Hiernach ist Bernoulli zu berichtigen, welcher in seiner *Lehrbuch der Anfangsgründe der Dampfmaschinenlehre für Techniker und Ingenieure der Mechanik*. Basel 1825. 8. a. a. O. behauptet, zur Erzeugung doppelten Druckes sey eine doppelte Quantität Dampf erforderlich, daher kein Ersparnis an Feuermaterial zu erhalten. Das Verhalten der Dämpfe ist anders als das der permanenten Gasarten. Vergleiche *Dichtigkeit*.

jene $35 \times 640^\circ$ Wärme erfordert, für diese aber nur $25 \times 640^\circ$, so dass die Perkins'schen und Watt'schen Maschinen stehen rüchthlich des erforderlichen Verbrauches von Brennstoff im Verhältniss von 5:7, wenn man die Bedingungen der Erwärmung in beiden völlig gleich setzt.

Viele haben sich bei der Beurtheilung dieser Maschinen auf das Zeugniß des sachverständigen PRECHTL's berufen, welcher ihnen versprochenen großen Vorthail derselben bestreitet¹, jedoch aus Gründen, deren Würdigung nicht hierher gehört. Es wird nämlich aus der durch Versuche gefundenen Quantität des Dampfes, welchen eine dem Feuer ausgesetzte Oberfläche in einer gegebenen Zeit zu erzeugen vermag, nachgelesen, dass Perkins's Generator die erforderliche Quantität Dampf zu liefern nicht vermöge². Abgesehen hiervon tritt in- dem auch PRECHTL dem hier zunächst in Betracht kommen- den, nach seiner Meinung durch die Erfahrung begründeten Satze bei, dass nämlich gleiche Gewichte Dampf von jeder beliebigen Temperatur gleiche Wärmemengen enthalten, und die- nach die Dämpfe von höherer Temperatur und Expansivkraft in gleich großer mechanischer Wirkung weniger Wärme als solche von niederer Temperatur oder geringerer Dichtigkeit zu ihrer Bildung bedürfen, woraus im Allgemeinen der Vorthail der Maschinen mit höherem Drucke hervorgeht.

Nach allem diesen dürfen wir also hinsichtlich der latenten Wärme des Dampfes den wichtigen Satz vor der Hand als durch die Erfahrung begründet ansehen, nämlich dass die gesammte Wärme desselben, oder die Summe seiner latenten und sensibelen bei allen Temperaturen eine constante Gröfse ist, und bei Wasser- dampfe nahe genau 640° C. beträgt, und zwar in der Art, dass wenn die latente Wärme durch λ , die sensible durch σ bezeichnet wird, $\lambda + \sigma = 640^\circ$ C. also $\lambda = 640^\circ$ C. — σ ist. Findet daher Dampfbildung oder Dampfzersetzung bei irgend einer Temperatur $= t$ nach der hunderttheiligen Scale statt, so wird die gebundene oder frei werdende Wärme für gleiche Quantitäten $640^\circ - t$ seyn, woraus die bedeutende Erkältung durch Dampf- bildung bei niedrigen Temperaturen von selbst folgt.

1 G. LXXVI. 227.

2 Vergl. Dampfmaschine. Effect derselben.

Endlich haben einige die zur Dampfbildung erforderliche Wärme nicht latente, sondern specifische nennen wollen, wiewohl indess hier nichts weiter bemerkt werden kann, als diese Ansicht hier aus Gründen nicht angenommen ist ¹.

2. Elasticität der Dämpfe.

Unter der *Elasticität*, auch wohl *Spannung* oder *Pressung* der Dämpfe, versteht man diejenige Kraft, welcher sie nach Art der atmosphärischen Luft gegen alle per einen Druck ausüben. Indem man aber allgemein Druck der Luft mittelst des Barometers misst, oder nach Höhe derjenigen Quecksilbersäule bestimmt, welche die vermöge ihrer Pressung emporzuhalten vermag, so bedient sich dieses nämlichen Maaßes auch bei den Dämpfen, und also z. B. ihre Elasticität betrage 3 oder 8 oder überhaupt Zolle oder Linien *Quecksilberhöhe*, welche Größenbestimmung sich leicht auf den Druck einer oder mehrerer *Atmosphären* reduciren läßt, wenn man berücksichtigt, daß atmosphärischer Luftdruck im Mittel 28 Z. Quecksilberhöhe trägt. Indem man aber das Gewicht des atmosphärischen Luftdruckes gegen eine gegebene Fläche mit hinlänglicher Genauigkeit in Gewichten, z. B. Pfunden, kennt ²; so läßt sich die GröÙe auch auf diese letztere ohne Schwierigkeit reduciren.

Von der ungemein großen Kraft stark erhitzter Dämpfe sich zu überzeugen, giebt es viele Gelegenheiten, und es ist im gemeinen Regel, jederzeit mit großer Vorsicht zu Werke zu gehen, wo Dampfbildung statt findet, und der Grad der Erzeugung nicht genau bestimmt werden kann. Obgleich dieses ein Unterschied von allen Dämpfen tropfbarer Flüssigkeiten ist, so werden die Fälle wirklicher Explosionen doch meistens bei *Wasserdämpfen* beobachtet. Dahin gehört die Vorsichtsmaßregel, nie das Wasser zur Schwefelsäure zu gießen, sondern umgekehrt, weil sonst in jenem Falle das durch die Kraft des Fallens in der Schwefelsäure niedersinkende Wasser möge der entbundenen Wärme leicht in Dampf verwandelt,

¹ Vergl. *Wärme*, latente.

² S. *Aërostatik*. Th. I. p. 262.

Schwefelsäure aus dem Gefäße geschleudert wird. Man hat e, daß sogar poröse Mühlsteine, wenn sie vorher von Wassurchdrungen waren und bei lange anhaltender Bewegung tzt wurden, durch die Gewalt der Dämpfe mit einem furcht- n Knalle in mehrere Stücke zersprangen. Daß die Mühl- e bei Kaiserslautern leicht auf die angezeigte Weise zer- igen, erwähnt BRARD ¹, ohne jedoch die Ursache anzuge- genau aber wird diese Erscheinung beschrieben durch DE ², wonach 1799 auf einer Windmühle bei Berlin ein neu angebrachter Läufer in drei Stücke zersprang. Das eine Stücke zerschmetterte einen eichenen, zwei F. ins Quadrat en Balken, und die andern wirkten auf gleiche Weise heftig n andere Theile der Mühle. Die Mühlsteine jener Gegend porös, und dieser war anhaltend 18 Stunden in starker egung gewesen.

Die meisten Unglücksfälle dieser Art sind bei *Dampf- schinen* vorgefallen, wovon man indess nicht auf eine ab- te Gefahr dieser nützlichen Apparate schließen darf, indem ils erwiesen ist, daß sie alle durch unverzeihliche Nachläs- keit herbeigeführt wurden, theils die große Menge der überall rauchten Dampfapparate berücksichtigt werden muß, woge- n die einzelnen Unglücksfälle fast verschwinden. Nur bei- selbweise möge hier erwähnt werden das Zerspringen des Stie- ßs einer Dampfmaschine zu Chelsea während der Reparatur, sch. GREGORY ³, wobei der Dampf zwei Arbeiter zu Boden urf, deren Haut und Fleisch wie gesotten waren. Am mei- en Aufsehen machte unter andern das Auffliegen der Zucker- aderei eines gewissen CONSTANT zu Wellstreet in London, wo- i einige Nachbarhäuser und verschiedene Arbeiter beschädigt urden ⁴; das Zerplatzen des Dampfkessels in der Destillerie nes gewissen HAIG in Lochrin mit einer ungeheuern Explo- on ⁵; das Zerspringen eines Dampfcylinders auf dem Schiffe

¹ Minéralogie cet. III. 107.

² Neue Schr. der Berl. Naturf. Gesellsch. IV. 287.

³ Haushaltung der Natur p. 108.

⁴ Tilloch's Phil. Mag. 1815. Dec. daraus bei G. LIV. 138.

⁵ Stevenson in Edinb. Phil. Journ. 1821. Jul. daraus in Bibl. univ. VIII. 287. Ann. C. P. XXI. 331. Von dem großen Kessel aus Gufsei-

Washington zu Marietta am Ohio, wobei 19 Menschen glücklichten. Man hatte das Gewicht des Hebelarms am ganz ans Ende geschoben, und wegen verzögerter Abfall Sieden stets fortgesetzt, ohne dem Dampfe einen Ausweg statten ¹.

A. Wasserdampf.

Man hat sich vorzugsweise von jeher damit beschäftigt *Elasticität des Wasserdampfes* aufzufinden, theils Rücksichten auf die Meteorologie, theils aber und hauptsächlich wegen der frühen Anwendung desselben zur Bewegung der Maschinen ².

Die Elasticität des Dampfes im Allgemeinen kannten HERON von Alexandrien, SAMUEL MORELAND, PAPINUS, TONS und andere ³, daß aber dieselbe mit der Temperatur se, und nach welchem Gesetze dieses geschehe, unters zuerst WATT und ZIEGLER in größerem Umfange, nach schon LORD CAVENDISH 1760 durch Versuche mit der Luft gefunden hatte, daß Wasser im leeren Raume Dampf bilden Elasticität er bei 72° F. = 0,75 Z. Quecksilberhöhe 1 ZIEGLER ⁴ senkte Glasröhren von 12 Z., 42 Z. und 132 ein Gefäß mit Quecksilber, welches in einem Papinisch gestor so eingeschlossen war, daß die Wasserdämpfe wirken konnten, wobei die Wärme des Wassers im D thermometerisch bestimmt und die Höhe der getragenen Quecksilbersäule nach Zollen gemessen wurde. Letztere wurde e

sen. 9 Tonnen (180 Quintaux) schwer, wurden 7 Tonnen losgehoben bis 60 F. hoch durch das Dach getrieben, und fielen 150 F. weit vom Haus, welches zertrümmert wurde. Das Getöse hörte man eine Meile weit, doch kamen nur zwei Menschen dabei um.

¹ G. LIV. 92.

² Eine sehr vollständige und gehaltreiche Zusammenstellung der bis jetzt bekannten Untersuchungen von KAPUR findet man in Sch. I. XXXII. §85. Sie ist hauptsächlich die Berechnungen betreffend benutzt.

³ S. Dampfmaschine.

⁴ Robison Mech. Phil. III. 598. II.

⁵ Specimen physico-chemicum de digestore Papini cet. 1753. 4. p. 31. E.

mender, dann bei abnehmender Temperatur gemessen; obgleich die zu beobachtenden Vorsichtsmafsregeln, nach einer langsamen Erhitzung und Abkühlung angegeben so stimmen doch die Resultate beider Reihen nur wenig n, und wir können sie daher bei den späteren zahlreichen besseren Versuchen füglich ganz übergehen.

WATT hat sich nicht blofs im Allgemeinen, sondern auch tlich bei der Auffindung der latenten Wärme des Dampfs einen sehr genauen Experimentator legitimirt, und seine che verdienen daher mehr Aufmerksamkeit ¹. Sie wurden Winter 1764 auf 65 angestellt, und er bediente sich eines Digestors, aus welchem er zuerst die Luft durch aus dem Sicherheitsventile entweichen liefs, dann aber die Quecksilberhöhen, welche dem Drucke der Dämpfe heren Temperaturen proportional waren. Nicht zufrieden mit diesen Versuchen wegen der Beschaffenheit der gegebenen Glasröhren, wiederholte er sie im Winter 1773 bis Hierzu nahm er eine Glasröhre e f, mit einer angeblasenen Kugel a, füllte sie mit Wasser und befreiete dieses Fig. 105. Sieden sorgfältig von aller Luft bis auf eine verschwindende Gröfse, füllte dann die Röhre mit Quecksilber, worauf er die Luft des Wassers durch Sieden wegschaffte, bis die Röhre, in ein Gefäfs mit Quecksilber c d gesenkt, ein einfaches Barometer mit etwas Wasser im oberen Ende bildete, dessen Gewicht bei den Versuchen corrigirt wurde. Die Kugel ob er von unten herauf durch eine Oeffnung in ein Gefäfs mit Wasser, dessen Temperatur durch ein Thermometer tassen wurde, bewerkstelligte die Erhitzung des Wassers im Wasser durch eine untergesetzte Lampe g, und indem das Wasser der Kugel durch die mitgetheilte Wärme in Dampf verwandelt wurde, und dieser das Quecksilber in der Röhre herdrückte, so gab die Höhe desselben von der Barometerhöhe ab die Elasticität des Dampfes. Die auf diese Weise erhaltenen Gröfsen, zur leichteren Uebersicht auf Temperaturer achtzigtheiligen Scale und Pariser Zolle reducirt, sind folgende:

Watt's Anm. zu Robison Mech. Phil. II. 29. ff.

t	e	t	e	t	e	t	
10,22	0,14	45,78	4,22	60,00	10,32	68,89	16
18,67	0,61	48,89	5,06	62,22	11,07	69,78	17
21,78	0,75	51,56	6,00	63,56	12,07	70,67	18
28,00	1,20	53,78	6,84	64,67	12,95	71,78	19
32,00	1,62	55,56	7,72	65,73	13,80	73,08	20
38,22	2,44	57,33	8,61	66,89	14,70		
42,67	3,75	58,67	9,40	68,00	15,56		

Zum Wasser höherer Elasticitäten wandte er einen Apparat wie der von ZIEGLER gebrauchte, mit einer Röhre von 5 und erhielt folgende, auf gleiche Weise reducirte Werthe.

t	e	t	e	t	e	t	
80,44	28,15	87,11	36,55	92,44	45,93	100,89	61,
81,33	29,38	87,78	37,50	93,55	46,93	101,78	63,
82,22	29,95	88,44	38,43	94,45	48,81	102,45	65,
83,11	30,75	89,11	39,33	95,56	50,60	103,34	67,
83,78	31,88	89,78	40,22	96,22	52,51	104,22	69,
84,44	32,85	90,22	41,20	97,11	54,40	104,89	71,
85,11	33,75	90,89	42,23	98,00	56,30	105,56	73,
85,71	34,65	91,34	43,15	99,11	58,20	106,22	75,
86,45	35,65	91,78	44,00	100,0	60,10	106,89	76,

Die Vergleichung dieser Versuche mit späteren genügt, daß sie zwar zur Begründung einer allgemeinen Formel nicht genügen, dennoch aber unter die vorzüglichsten, besten gehören, wie sich dieses auch eben so sehr von dem gebrauchten Apparate, als auch von der Geschicklichkeit und Vorsicht WATT's nicht anders erwarten läßt. Auf allen hätte indess der in neueren Zeiten beobachtete Einfluß des Druckes, welchen der sehr expandirte Dampf gegen die Röhre des Thermometers ausübt, mit berücksichtigt werden müssen. Um zuvörderst diejenigen Versuche zu erwähnen, welche den Experimentatoren selbst oder von andern noch nicht aufgefunden eines allgemeinen Gesetzes des Verhältnisses Elasticitäten und der Temperaturen benutzt sind, mögen diejenigen folgen, welche ROBISON¹ anstellte. Der Apparat womit er die Elasticitäten bis zur Siedehitzemaaß, gleich dem von WATT gebrauchten, mit dem Unterschiede, daß das

¹ Encyclop. Britannica 2te edit. XVII. 739. Robison in Phil. II. 23. Den Versuch, welchen der Verf. macht, die gefundenen Werthe auf eine allgemeine Formel zurückzubringen, übergehe ich

t Quecksilber nicht von unten in das Dampfgefäß geschoben, sondern umgebogen und von oben in dasselbe gesenkt wurde, gleichen daſs das Dampfgefäß ein Sicherheitsventil hatte. die Elasticitäten höherer Temperaturen gebrauchte er einen ächen, ohne Beschreibung durch den Anblick der Zeich- Fig. 106.
g verständlichen Apparat, nämlich eine doppelt gekrümmte re, mit einem Gefäße voll Quecksilbers in der Mitte, de- unteres Ende in eine Oeffnung des Digestors gesenkt wurde, auf dann die Dämpfe das Quecksilber in dem andern Schen- der Röhre in die Höhe trieben. Die durch ihn erhaltenen altate zeigt die folgende Tabelle, nach der Reduction von arz auf t in Graden R. und e in Par. Zöllen.

	e	t	e	t	e	t	e
00	0,000	30,27	1,501	61,43	10,368	88,13	41,751
06	0,094	34,72	2,111	65,88	13,182	92,58	51,510
11	0,188	39,17	2,815	70,33	16,748	97,03	62,675
16	0,328	43,62	3,706	74,78	21,223	101,48	75,341
21	0,516	48,07	4,831	79,23	26,881	105,94	88,289
27	0,769	52,52	6,305	80,12	28,147	110,39	99,360
32	1,107	56,97	8,116	83,68	33,589		

BETANCOURT stellte mehrere Reihen von Versuchen an, um Elasticität der Wasserdämpfe bei verschiedenen Tempera- aufzufinden, welche nicht so sehr durch seine eigene ellung ¹, als vielmehr dadurch sehr bekannt geworden als PRONY ² sie zur Auffindung einer allgemeinen For- nutzte, und bei seinen Berechnungen des Effectes der maschinen zum Grunde legte. BETANCOURT's allerdings mäßig construirter Apparat bestand aus einem Papinischen Fig. 107.
or A, mit einer Oeffnung s zum Eingießen des Wassers, in eingesenkten Thermometer h t, einer seitwärts ange- ten, durch einen Hahn b verschließbaren, und vermit- eines biegsamen Rohres mit einer Campana verbundenen

Mémoire sur la force expansive de la vapeur cet. par M. de Be- à Paris 1792. 4.

Neue Architectura Hydraulica, übers. von Langsdorf 1795. II. L 602 II. 6. ff. Derselbe in Journal de l'école polytechnique à IV. 4. Cah. II. p. 24. Vergl. Langsdorf Lehrbuch d. Hy- mit beständiger Rücksicht auf d. Erfahrung. Altenb. 1794. 4. Gren N. J. I. 174. IV. 215.

Röhre o' o", um die Luft aus dem oberen Raume des D über dem Wasser durch Aufsetzen der Campana auf der einer Luftpumpe wegzuschaffen, und endlich aus einer gebogenen Glasröhre, deren aufrecht stehendes, oben Ende vermittelt einer angebrachten Scale in Par. Zollen Theile getheilt war. Das in derselben oder einer verbundenen Gefäße befindliche Quecksilber diente da: Temperaturen unter dem Siedepuncte in dem Theile de k n ein Barometer zu bilden, und durch die Differenz he des Quecksilbers in diesem und einem zugleich beo ten wirklichen Barometer sowohl die Elasticitäten der unter der Siedehitze zu messen, als auch durch das Au desselben im längeren Schenkel der Röhre k' n' die Elast derselben bei höheren Temperaturen zu finden. Daß sem Apparate die Differenz der Quecksilberhöhe in de und im wirklichen Barometer beim Gefrierpuncte der Digestor befindlichen Luft bemessen wurde, folglich sticität der Dämpfe beim Gefrierpuncte = 0 genommen mußte, versteht sich von selbst. Diejenigen Quecksil hen, welche BETANCOURT in dem genauesten seiner V den verschiedenen Temperaturen zugehörend fand, in Graden der achtzigtheiligen Scale in Par. Duodecimalzoll gende:

t	e	t	e	t	e	t	
3	0,00	30	1,52	57	8,40	84	3
4	0,02	31	1,65	58	8,85	85	3
5	0,02	32	1,78	59	9,35	86	3
6	0,05	33	1,90	60	9,95	87	4
7	0,07	34	2,00	61	10,40	88	4
8	0,10	35	2,15	62	11,00	89	4
9	0,12	36	2,27	63	11,70	90	4
10	0,15	37	2,45	64	12,40	91	4
11	0,18	38	2,57	65	13,20	92	5
12	0,22	39	2,75	66	13,80	93	5
13	0,27	40	2,92	67	14,50	94	5
14	0,30	41	3,10	68	15,25	95	5
15	0,35	42	3,27	69	16,10	96	6
16	0,40	43	3,47	70	16,90	97	6
17	0,45	44	3,70	71	17,80	98	6
18	0,52	45	3,95	72	18,70	99	6
19	0,58	46	4,25	73	19,50	100	7
20	0,65	47	4,45	74	20,60	01	7

	e	t	e	t	e	t	e
1	0,75	48	4,75	75	21,75	102	78,20
2	0,82	49	5,00	76	22,90	103	81,00
3	0,90	50	5,35	77	24,15	104	84,00
4	0,97	51	5,70	78	25,50	105	86,80
5	1,05	52	6,05	79	26,67	106	89,00
6	1,12	53	6,50	80	28,00	107	91,30
7	1,22	54	6,90	81	29,60	108	93,50
8	1,32	55	7,32	82	31,30	109	95,60
9	1,42	56	7,85	83	33,00	110	98,00

Diejenige Formel, welche PRONY auf diese Beobachtungen einer sehr zusammengesetzten Interpolationsmethode ge-
det hat, ist folgende:

$$y = e^{\mu + \lambda x} - e^{\mu' + \lambda' x} - e^{\sigma x - \varrho} - e^{\sigma' x - \varrho'}$$

in y die Höhe der Quecksilbersäule, e die Basis der gemei-
Logarithmen = 10, x die Thermometergrade nach R. be-
nen, die acht Exponenten aber

$$\begin{aligned} \mu &= 0,068831 & \sigma' &= 0,049157 \\ \lambda &= 0,0194438 & \mu' &= 0,068805 \\ \lambda' &= 0,01349 & \varrho &= 4,68608 \\ \sigma &= 0,058576 & \varrho' &= 3,93256 \end{aligned}$$

Dafs diese Formel die durch Versuche gefundenen Werthe
gut darstelle, zeigt die nachfolgende tabellarische Zusam-
stellung, bei welcher noch dazu die Differenzen bald posi-
bald negativ sind, wovon man auf die Pafslichkeit der For-
meln schliessen berechtigt wird. Es bezeichnen nämlich wie
t die Temperaturen nach der achtzigtheiligen Scale, e die
Elasticitäten nach Versuchen, e' nach Rechnung und Δ die
Differenzen beider.

e	e'	Δ	t	e	e'	Δ
0,00	0,0000	0,00	70	16,90	16,5770	- 0,32
0,15	0,2304	+ 0,08	80	28,00	28,0060	0,00
0,65	0,6872	+ 0,03	90	46,40	45,8700	- 0,53
1,52	1,5019	- 0,02	95	57,80	57,8010	0,00
2,92	2,9711	+ 0,05	100	71,80	71,5520	- 0,25
5,35	5,4453	+ 0,09	104	84,00	83,259	- 0,74
9,95	9,6280	- 0,32	110	98,00	98,356	+ 0,35
14,50	14,1161	- 0,38				

Dafs indess diese Formel nicht hinreiche, das Verhältnifs
Elasticitäten des Wasserdampfes und der Temperaturen
3d. X

auszudrücken, hat J. G. Voigt¹ gezeigt, indem er nachweist, daß sie zu Ungereimtheiten führt, indem unter andern $x=120$ y einen negativen Werth erhält. Außerdem aber hören die Versuche keineswegs zu der Zahl derjenigen, welche auf hinlängliche Genauigkeit zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes der Elasticitäten Anspruch machen dürften, wie der Folge noch weiter gezeigt werden wird.

Phox² wandte später seine allgemeine Interpolationstheorie³ auf eben diese Beobachtungen an, und berechnete nach der Formel

$$y = \mu_1 e_1^x + \mu_2 e_2^x + \mu_3 e_3^x$$

bei welcher für die Elasticitäten vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte das erste Glied weggelassen werden kann. Hierin

$$e_1 = 1,172805 \quad \mu_1 = -0,0000007246$$

$$e_2 = 1,047773 \quad \mu_2 = 0,8648188303$$

$$e_3 = 1,028189 \quad \mu_3 = -0,8648181057$$

welche mit den Beobachtungen noch genauer übereinstimmen, Werthe giebt, von dem oben gerügten Fehler aber nicht frei ist.

Unter die gehaltreichsten Versuche über diesen Gegenstand gehören unstreitig die von G. G. Schmidt³ schon im December 1797 angestellten. Sein hierzu gebrauchter Apparat hatte dem Gelingen nachtheilige viermalgebogene Röhre des Betancourtschen Digestors nicht, auch wurde er durch die Dämpfe des siedenden Wassers anfänglich Luftleer gemacht, welche sicher das Beste ist. Der Hahn g schloß dann, nachdem das Sieden alle Luft weggeschafft war, das Gefäß A ab, und wurde erst wieder geöffnet, wenn das Wasser in dem letzteren beim Versuche die Siedehitze abermals erreicht hatte. Da endlich das im Gefäße d d enthaltene Quecksilber, dessen Rand nach der früher angestellten Messung des Inhalts dieses Gefäßes und der Röhre f corrigirt werden konnte, durch den Druck der Dämpfe in dieser Röhre in die Höhe gehoben wurde

1 Gren N. J. I. 331. Vergl. G. G. Schmidt ebend. IV. 260.

2 Neue Archit. Hydr. II. 148. Vergl. Journ. de l'École Pol. a. a.

3 Gren N. J. IV. 264. Vers. über d. Expansivkraft, Dichte u. latente Hitze d. reinen Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen von G. G. Schmidt. Leipz. 1798. 8.

an sich klar. * Ueber 114° R. konnten die Versuche nicht fortgesetzt werden, weil die zwischen den Schrauben liegenden Hanf zusammenhörreten. Hanf ist daher für solche Zwecke zu vorzuziehen. Die aus den Versuchen erhaltenen mittleren Werthe für Grade t nach R. und e in Par. Zollen sind folgende:

t	e	t	e	t	e	t	e
80	28,00	89	41,86	98	61,75	107	88,22
81	—	90	43,77	99	64,28	108	92,06
82	31,05	91	45,89	100	67,00	109	96,20
83	32,56	92	48,02	101	69,53	110	100,72
84	33,98	93	50,03	102	72,46	111	104,35
85	35,39	94	51,84	103	75,29	112	109,18
86	36,91	95	54,18	104	78,22	113	113,10
87	38,42	96	56,71	105	80,95	114	117,12
88	40,24	97	59,18	106	84,99		

Um die Elasticitäten des Dampfes unter der Siedehitze zu erhalten, bediente sich SCHMIDT des sehr zweckmässig eingerichteten Ciarcy'schen Dampfbarometers. Dasselbe besteht aus einem gewöhnlichen gut ausgekochten Flaschenbarometer, dessen Oeffnung e so eingerichtet ist, dass ein Thermometer f eingesenkt, und sie durch einen auf die Röhre desselben gegebenen Kork dampfdicht verschlossen werden kann. An der Flasche des Barometers ist seitwärts die kleine Phiole h angebracht, in deren untere Oeffnung gleichfalls mittelst eines Stabes die kleine Retorte k gesteckt wird, welche letztere etwas Wasser enthält, das man durch eine untergehaltene Lampe erhitzen lässt, und wenn dann sowohl h als auch das Gefäss des Barometers p p mit siedendem Dampfe gefüllt und aus beiden die Luft ausgetrieben ist, so wird der ganze Apparat durch die Kork verschlossen, man lässt ihn erkalten, das Quecksilber sinkt aus der Barometerröhre in das Gefäss p p, und indem man alsdann das in diesem zurückgebliebene Wasser allmählich erhitzt, so erhält man nach Angabe des in demselben befindlichen Thermometers die den Temperaturen des Dampfes gehörigen Elasticitäten des Wasserdampfes in Höhen der Quecksilbersäule. Noch einfacher wird dieser Apparat, wenn

Fig. 109.

1 Die ursprüngliche Einrichtung Ziegler's, das Gefäss mit dem Quecksilber in den Digestor selbst zu bringen, scheint mir unter allen noch die vorzüglichste. Vergl. Biker bei G. X. 268.

Dampf.

Phiole h und die Retorte k ganz weglässt, etw
 Gefäße p p zum Sieden bringt, und nachdem i
 ben ist, dasselbe vermittelst des Korkes am 2
 rschließt, und so verfährt, wie oben angege
 an zu größerer Vorsicht wohl thut, den Kork
 : aus Bernsteinfirnis und ungeloschtem Kalke
 , um jedes Eindringen der Luft zu verhüten.
 Apparate gefundenen Werthe auf gleiche Weise g
 ende:

	e	t	e		e	t	
	0,00			40	3,64	65	1
5	0,11			45	5,14	70	1
6	0,15			50	6,40	71	1
10	0,28			55	8,55	72	1
12	0,38			58	10,14	73	2
13	0,44	30	1,33	59	10,42	74	2
15	0,55	33	2,23	60	10,98	75	2
16	0,61	35	2,68	62	12,24	80	2

SCHMIDT leitete aus seinen Versuchen eine allgemein
 mel ab, um die Elasticität des Wasserdampfes = e in Hi
 theilen von Par. Zollen als Function der Temperatur in
 der achtzigtheiligen Scale auszudrücken, nämlich

$$e = t \cdot 1,4113 + 0,005t$$

welche allerdings die durch Versuche innerhalb de
 SCHMIDT angewandten Temperaturen gefundenen Gröfse
 nahe genau giebt. Soll dieselbe aber als allgemein gelt
 zeigt sich bald, daß sie erstlich für $t = 0$ auch $e = 0$
 welches mit der Erfahrung nicht übereinstimmt; zweiter
 werden in hohen Temperaturen die Werthe von e weit g
 als glaublich ist, und den Erfahrungen nicht entspre
 Für $t = 254^\circ \text{ R.}$ z. B. wird $e = 28060 \text{ P. Z.}$ und für $t =$
 sogar 88331000. Endlich würden verneinte Werthe von
 verneinte von e geben, welches abermals der Natur der
 nach nicht seyn kann, insofern der Gefrierpunct des Th
 meters nicht den absoluten Nullpunct bezeichnet. Hinsic
 auf die Resultate der Versuche selbst sind die unter dem
 puncte des Wassers bei den niederen Graden erhaltene El
 tätten etwas größer als diejenigen, welche von andern Phy
 gefunden wurden, die über dem Siedepuncte beobachteten

zwar mit den Betancourtschen sehr nahe überein, beide wachsen bei zunehmenden Temperaturen stärker, als er gefunden haben will. Wenn indess Versuche dieser Art rathhaft werden, so darf man immer voraussetzen, daß die Elasticitäten zu groß, als daß sie zu klein gefunden sind, weil Dämpfe früher die höhere Temperatur annehmen, als sie dem Quecksilber des Thermometers mittheilen.

Schon vor der Bekanntwerdung der Betancourt'schen Versuche wollte L. BIKER zu Rotterdam die Elasticität der Wasserdämpfe untersuchen, wurde durch Geschäfte daran gehindert, durch die Kenntniß jener wieder dazu aufgefordert; nahm den Lehrer der Chemie zu Rotterdam, H. W. ROUPPE zum Hülfe, und ließ einen Apparat construiren, durch welchen die Fehler BETANCOURT's am besten vermied, indem er das Quecksilbergeläß mit der Messungsröhre in den Digestor selbst setzte¹. Dieser stand in dem eisernen Ofen A, war aus $\frac{3}{8}$ Z. Fig. 110. dickem geschlagenen Kupfer, 11 Z. hoch und 10 Z. weit, mit einem noch einmal so dicken aufgeschrobenen Deckel und einer liegenden Bleischeibe, um das Schwinden der Lederriemen zu vermeiden. Der Deckel hat fünf Oeffnungen mit verschiedenen Vorrichtungen, welche gleichfalls mittelst Bleischeiben dampfdicht verschlossen sind. In der Mitte befindet sich der Dampfcyylinder G G, mit einem doppelt durchbohrten Hahne M, mittelst dessen sich der Dampfcyylinder mit dem Digestor oder auch mit der äußern Luft in Verbindung läßt, auch giebt er den Dämpfen im Digestor einen Auslass, um vor den Versuchen die in demselben eingeschlossene Luft wegzuschaffen. Schraubt man die Deckplatte des Dampfcyinders G G ab, so läßt sich ein luftdicht schließender Embolus hineinschieben, welcher durch die Dämpfe nach der Oeffnung des Hahns in die Höhe gehoben wird, und dann durch gelegte Gewichte die Kraft an, welche der Dampf gegen den Embolus ausübt. Wird dann der Zutritt des Dampfes durch den Hahn abgeschlossen, und aus einer in das Röhrchen N aufgeschrobenen Spritze Wasser in den Cylinder gespritzt, so

¹ Aus Nieuwe Verhandelingen van het Bataafsch Genootschap der kondevindelyke Wysbegeerte to Rotterdam. Deel I. Amst. 1800. G. X. 257.

Dampf.

c t sich der Dampf, der Embolus wird durch
 man sche Luft niedergedrückt, und das gebildete
 ch die Oeffnung des Hahns ab, worauf der Pro
 eginnen kann. Man sieht leicht, daß hiermit d
 sphärischen Dampfmaschinen im Kleinen nach
 ollte. Die Oeffnung R war bestimmt, den I
 mit ser zu füllen, worauf sie entweder mit einem
 ile, (einem Kegelventile mit Hebelarme) oder
 nom S O zugeschroben wurde, vermittelt welcher
 parat rch Anwendung einer Luftpumpe evacuirt
 konnte. In der dritten Oeffnung des Deckels war das T
 meter T T, dessen Kugel 4 Z. tief unter denselben hinab
 in der vierten die 110 Z. lange, oben verschlossene Me
 K Q, welche eben wie die Thermometerrohre in ihre
 mit Mennig und dick eingekochtem Leinole eingekitt
 Dieser nämliche Kitt, nachdem noch etwas Bleiweiß z
 worden, diente zum Verstreichen der Fugen. Das unte
 Fig. der Rohre war in das eiserne Gefäß P gesenkt, welch
 111. hinlängliche Menge Quecksilber faßte, um die ganze Ro
 mit zu füllen, von unten in den Deckel d d eingelass
 vermittelt der Oeffnung e mit dem Dampfe im Digesto
 municirte, vermittelt der Rohre b aber mit der äußeren
 indem das, aus der fünften Oeffnung des Deckels tretend
 dieser letzteren durch den Hahn H geöffnet oder versch
 werden konnte, um die Luft oder die zu stark erhitzten
 entweichen zu lassen oder abzusperren. Bei den Ve
 selbst ist es vor allen Dingen nothwendig, das Feuer
 mäßigen, weil sonst die Elasticität der Dämpfe dem T
 meter vorseilt, auch müssen die Ventile genau sch
 indem beim Entweichen von etwas Dampf die Elasticit
 geringe gefunden werden. Außerdem wandten die Exp
 tatoren auch noch das zweckdienliche Mittel an, daß
 Feuer dämpften, und die Versuche bei abnehmender
 wiederholten. Einige Resultate dieser genauen Versuche
 der Reduction von KAMMERS enthält die folgende Tafel,

1 Da sie mit den durch Schmidt gefundenen so genau übereinstimmen, so ist es überflüssig, mehrere herzusetzen.

r die Temperaturen t der achtzigtheiligen Scale die Elasticitäten e in Par. Zollen Quecksilberhöhe.

t	e	t	e	t	e
80	28,014	90	44,338	100	66,654
84	34,100	92	48,011	104	77,280
85	35,546	95	54,290	105	80,130
88	40,379	96	56,608	108	91,580

Nicht leicht sind Versuche allgemeiner beachtet und mehr
 ber ihren Werth geschätzt, als diejenigen, welche JOHN DAL-
 ÏON¹ angestellt hat, um ein allgemeines Gesetz über die Ela-
 sticitäten der Dämpfe aufzufinden. Er nahm zu seinen Versu-
 chen eine Barometerröhre, füllte sie mit Quecksilber und zeich-
 nete eine Scale auf dieselbe, drehete sie um, goß eine kleine
 Quantität der zu untersuchenden Flüssigkeit über das Quecksil-
 ber, benetzte durch Umkehren der Röhre hiermit die Wände
 derselben, brachte durch wiederholtes Umkehren und Neigen
 derselben eine Lage von zwei bis drei Linien dieser Flüssigkeit
 über das Quecksilber, und befreiete dieselbe zugleich von der
 absorbirten Luft, wodurch dann endlich ein Barometer mit et-
 was Flüssigkeit im torricellischen Raume entstand, aus welcher
 sich Dämpfe bildeten, deren Elasticität durch die verminderte
 Höhe der Quecksilbersäule angezeigt wurde. Um den Dämpfen
 in dieser Röhre eine verschiedene Temperatur zu geben, nahm
 DALTON ferner eine 2 Z. weite und 14 Z. lange Glasröhre, unten
 und oben mit einem Korkstöpsel verschlossen, durch welche in
 der Mitte die Barometerröhre geschoben wurde. Der untere
 Kork schloß wasserdicht, der obere aber war fast zur Hälfte
 weggeschnitten, um Wasser von verschiedener Temperatur
 hineinzugießen, dadurch die eingeschlossene Barometerröhre
 zu erwärmen, und dann die zugehörige Depression des Queck-
 silbers, durch die entstandenen Dämpfe bewirkt, zu messen.
 Weil indess dieser Apparat höhere Grade der Wärme nicht aus-
 hielt, so wählte DALTON hierfür zwei zinnerne Röhren, eine
 innere, an beiden Seiten offene, welche in die Bodenplatte
 der weiteren so gelöthet war, daß beider Axen zusammenfielen.
 Beide waren zwei Fuß lang. In die engere wurde dann ver-

¹ Memoirs of the literary and phil. Soc. of Manchester 1805. V.
 0. Vergl. G. XV. 1 ff. Brugnatelli G. Dec. II. P. II. p. 187.

mittelst zweier Korken der eine Schenkel eines Heberbarometers in welchem sich etwas von der zu untersuchenden Flüssigkeit befand, festgesteckt, und wenn dann die weitere zinnerne Röhre mit Wasser von verschiedener Wärme gefüllt war, so zeigte das Steigen des Quecksilbers im andern Schenkel des Heberbarometers, welcher oben verschlossen und mit Luft gefüllt, durch die Compression dieser letzteren, die der Temperatur gehörige Elasticität der Dämpfe.

Das Unzweckmäßige dieses Apparates fällt ohne weitläufige Untersuchungen von selbst in die Augen ¹, und es ist fraglich, ob DALTON nicht die meisten seiner Resultate auf die Weise von ihm angegebene Weise, nämlich mittelst der Luftpumpe erhalten hat, indem er, nach einem längst bekannten Verfahren, die Flüssigkeiten von verschiedenen Temperaturen unter einen Recipienten setzte, und die Elasticität ihrer Dämpfe nach dem Stande des Barometers beim Sieden derselben stimmte ². Am wesentlichsten ist, daß das Thermometer nicht unmittelbar in den Dämpfen befand, ja es ist überhaupt nicht davon die Rede, wie die Temperatur des umgebenden Wassers gemessen wurde. Gesetzt aber, es habe sich ein Thermometer in demselben befunden, so bemerkt BIOT ³ sehr richtig, daß die Temperatur einer langen, im Freien erkalteten Wassersäule nicht überall gleich ist, indem das wärmere Wasser in die Höhe steigt, und es mußten sich daher mehrere Thermometer in derselben befinden, oder eins mit einer Röhre von der ganzen Länge, die sie selbst hatte. Den Fehler der Luftschicht zwischen den inneren Wänden der engeren Röhren und der Barometerröhre sucht zwar GILBERT in den Versuchen selbst als unschädlich darzustellen, allein verlohnt sich der Mühe nicht, das Unzulässige hiervon darzutun. Die Elasticitäten, welche DALTON aus diesen seinen V

¹ Vergl. Parrot bei G. XVII. 82.

² Gilbert Ann. XV. 26. sucht manche der nothwendigen Fehler durch hypothetische Voraussetzungen zu beseitigen, wozu aber in den Angaben selbst kein Grund enthalten ist.

³ Traité I. 268.

chen erhielt, sind nach der Reduction von KAEMTZ gleich-
ls für t in Graden nach R. und e in Par. Zollen folgende:

t	e	t	e	t	e	t	e
0	0,188	20	0,852	40	3,274	60	10,500
5	0,278	25	1,207	45	4,450	65	13,632
0	0,409	30	1,711	50	6,027	70	17,551
5	0,590	35	2,415	55	7,987	75	22,356

Die ursprünglichen Beobachtungen DALTON's wurden bald
ach ihrer Bekanntwerdung von SOLDNER¹ zur Auffindung einer
llgemeinen Formel für die Elasticität der Wasserdämpfe be-
nutzt, indem er hierfür den allgemeinen Ausdruck fand:

$$\log. e = \log. E - \frac{(280 - r)(80 - r)}{10280}$$

vorin e die gesuchte Elasticität, E die der Siedehitze zugehöri-
ge (nach Soldner = 30,13) beide in englischen Zollen, r aber
die Temperatur nach R. bezeichnet. Diese Formel drückt zwar
DALTON's Beobachtungen innerhalb der festen Punkte des Ther-
mometers recht gut aus, auch wird e für Grade unter 0° stets
kleiner, ohne jemals ganz zu verschwinden, allein über 80°
nimmt e zu bis 180° , von da an aber wieder ab, und wird bei
 250° derjenigen beim Eispuncte wieder gleich, wie SOLDNER
bemerkt, und welches mit der Natur des Dampfes eben
so wenig, als mit den Resultaten späterer genauer Beobachtun-
gen bestehen kann². Ich werde diese Formel daher nicht wei-
ter berücksichtigen.

Um auf eben diese DALTON'schen Versuche eine allgemeine
Formel zu gründen, sucht BIOT³ den Factor, womit jede gege-
bene geringere Elasticität multiplicirt werden muß, um die
nächst höhere zu geben. Wäre dieser stets derselbe, so würden
die Elasticitäten eine geometrische Reihe der Temperaturen bil-
den. Indem er aber stets abnimmt, so geht man von den
höchsten Elasticitäten zu den geringeren über, nimmt an, das
Verhältniß der Abnahme der Factoren sey constant und $= K$,

¹ G. XVII. 44.

² Auch Gilbert hat auf Dalton's Versuche eine allgemeine Formel
gegründet, Ann. XV. 35., welche indels ohne weitere Prüfung hier
bloß geschichtlich erwähnt werden möge.

³ a. a. O. 272.

Dampf.

der Temperatur $100 - n$ in Graden der hunderttheiligen zugehörige Elasticität F_n , und erhält dann

$$F_0 = 30 \text{ Z.}$$

$$F_1 = 30 \text{ Z.} + K'$$

$$F_2 = 30 \text{ Z.} + K'^2, \text{ also allgemein}$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$F_n = 30 \text{ Z.} + K'^n \text{ oder}$$

$$\log. F_n = \log. 30 \text{ Z.} + n \log. K'.$$

Dieses ist zwar den Versuchen nicht genau angemessen, weicht aber nicht viel davon ab, weil die Abnahme der Elasticitäten nur langsam geschieht. Es ist indess auch nicht schwierig die Abnahme der Logarithmen von F_n durch eine Reihe von der Form $an + bn^2 + cn^3$ auszudrücken, indem die hohen Potenzen von n überflüssig sind, woraus dann entsteht

$$\log. F_n = \log. 30 + an + bn^2 + cn^3.$$

Um hieraus die Coefficienten zu finden, gebraucht Biot die für 100° , 75° , 50° , 25° C. gefundenen Elasticitäten, welche giebt

$$\begin{array}{l|l} n=0 & F_0 = 30 \text{ Z.} \\ n=25 & F_{25} = 11,250 \end{array} \quad \begin{array}{l|l} n=50 & F_{50} = 3,50 \\ n=75 & F_{75} = 0,91 \end{array}$$

welche Werthe substituirt giebt

$$- 0,4259687 = 25 a + 625 b + 15625 c$$

$$- 0,9380519 = 50 a + 2500 b + 125000 c$$

$$- 1,5180799 = 75 a + 5625 b + 421875 c$$

aus welchen drei Gleichungen

$$a = - 0,01537419550$$

$$b = - 0,00006742735$$

$$c = + 0,00000003381$$

folgen, vermittelt deren man die Formel für Grade der Centesimal scale und englische Zolle leicht allgemein machen kann, wenn man

$$\log. F_n = 1,4771213 + an + bn^2 + cn^3$$

nimmt, worin n für Grade unter 100° C. positiv, über den Siedepunct aber negativ ist. Für Par. Zolle aber, wenn man das Verhältniß $30 : 28,15$ annimmt,

$$\log. F_n = 1,4494784 + an + bn^2 + cn^3.$$

Wäre z. B. die Elasticität des Wasserdampfes beim Gefrierpunct zu finden, so wäre $n = 100$, und

$$\log. F_{100} = 1,4494784 - 2,1778830 = - 0,7284046$$

woraus $\log. e = 0,2715954 - 1$

Elasticität = 0,1868 . . P. Z. mit der Erfahrung sehr gut reinstimmend giebt. Um diese Formel auch für sehr hohe Thermometergrade zu prüfen, wähle ich die oben von SCHMIDT genommenen, nämlich 254° und 464° R., oder nach der hunderttheiligen Scale $317^{\circ},5$ und 580° C. diese geben

$$\log. F_{317,5} = 1,4494784 - 2,9979133 = - 1,5484349$$

woraus $\log. e = 0,4515650 - 2$

Elasticität = 0,028285 Z.

$$\log. F_{580} = 1,4494784 - 19,2122066 = - 17,7627282$$

woraus $\log. e = 0,2372717 - 18$

Beides mit der Natur der Sache unmöglich bestehen kann.

Veranlaßt durch WATT stellte im Jahre 1797 und 98, gleichzeitig mit DALTON auch SOUTHERN einige Reihen von Versuchen an, wobei er sich für die Temperaturen bis zur Siedetemperatur eines ähnlichen Apparates bediente, als der von WATT gemacht war, für die höheren aber etwas veränderten pariserischen Digestors, und er versichert, daß die Resultate der beiden Versuche unter einander eine sehr genaue Uebereinstimmung gezeigt hätten. Auf Grade nach R. und Par. Zelle sind die mittleren von ihm erhaltenen Werthe in folgender Tabelle enthalten.

t	e	t	e	t	e	t	e
0,00	0,150	26,71	1,332	53,41	7,412	75,67	23,090
4,45	0,216	31,16	1,839	57,87	9,429	80,12	28,148
8,90	0,328	35,61	2,496	62,32	11,935	97,03	56,295
13,35	0,488	40,06	3,359	66,77	15,021	116,35	112,590
17,80	0,685	44,51	4,419	71,22	18,803	138,69	225,180
22,26	0,957	48,96	5,723				

Werden die Elasticitäten der höheren Thermometergrade mit den von WATT, BETANCOURT, SCHMIDT und ROUPE gefundenen verglichen, so stimmen sie mit den ersteren sehr nahe überein, bleiben aber hinter den andern merklich zurück. Nach diesen Resultaten bildet SOUTHERN eine allgemeine Formel für die Elasticität der Wasserdämpfe, nämlich wenn e die Elasticität, t die Temperatur in Graden nach Fahrenheit bezeichnet, 0 ist

$$\log. E = 5,14 \log. T - 10,97427.$$

Dampf.

$E = e - \frac{r}{r_0}$ und $T = t + 52$ bezeichnet ¹. Ein
 der durch die Versuche erhaltenen Werthe mit
 nach SOUTHERN die Rechnung giebt, zeigt, daß di
 das Gesetz der Elasticität des Wasserdampfes innerh
 der Beobachtungen sehr gut darstellt. Alle
 giebt an, daß die Elasticitäten den Logarithm
 pauren, um eine beständige GröÙe vermehrt, prop
 sein sollen, welches schwerlich als allgemeines Ges
 die höchsten und niedrigsten Temperaturen gelten kann
 aber auch diese Formel für höhere Temperaturen zu
 mögen dazu die mehrmals genommenen gewählt werden,
 lich 254° und 464° R. oder 571°,5 und 1044°,0 F. Die
 giebt $e = 2707,5$ und die letztere 77029,7 engl. Zolle (s
 silberhohen, oder 2540 und 72278 Par. Zolle, welche
 Werthe offenbar zu groß sind.

Zum Theil in der Absicht, die durch DALTON erha
 Resultate zu prüfen, stellte A. URE ² einige Reihen von
 chen an, und bediente sich hierzu zwar ähnlicher, aber un
 zweckmäßiger Apparate als jener. Eine heberform
 Fig. 112. krümmte Glasröhre I L D mit fast gleich langen Schenkel
 113. für die niederen Temperaturen bestimmt, eine andere mit
 und aufstehenden kürzeren Schenkel und eine dritte mit schri
 114. gendem enthielten in dem zugeschmolzenen Ende nur et
 nen Zoll lang den Dampf der zu untersuchenden Flüss
 während die Höhe des im offenen Schenkel zugegossenen Q
 silbers durch die Differenz seiner Höhe L D die Elasticität
 gab. Ein feiner, bei I umgebundener Platindraht diente
 genauen Bezeichnung des ursprünglichen Standes des Que
 bers; im offenen GefäÙe A aber befand sich Wasser für di
 deren Temperaturen und Oel für die höheren, und ein m
 ner Kugel dicht an demjenigen Ende der gebogenen I
 worin der Dampf eingeschlossen war, liegendes Thermom
 zum Messen der Temperaturen. Die folgende Tabelle giebt
 zahlreichen Versuche über die Elasticität des Wasserdam
 welche zur leichteren Uebersicht gleichfalls auf Grade der

¹ Der Ausdruck ist hier so gestellt, wie ihn Southern giebt,
 aber eigentlich seyn: $E = e (1 - 0,1)$.

² Phil. Tr. 1818. p. 356. Schweigg. XXVIII. 329.

Elasticität des Wasserdampfes.

333

Scale und auf Par. Zolle reducirt, aber zur Vertheilung der Decimalstellen nur bis auf 0,01 Z. genau sind

	e	t	e	t	e	t	e
6	0,158	36,94	2,636	72,55	19,80	94,81	52,86
0	0,187	39,17	3,096	74,78	22,14	96,37	56,67
6	0,234	41,40	3,598	77,00	24,80	97,03	58,08
1	0,337	43,62	4,096	79,23	27,10	99,26	63,10
4	0,390	45,85	4,756	80,12	28,15	101,49	67,84
6	0,484	48,07	5,413	82,17	31,34	103,71	73,22
9	0,591	50,30	6,192	83,68	33,35	105,94	80,97
1	0,681	52,52	7,065	85,91	36,69	108,16	87,75
4	0,806	54,75	7,975	86,49	37,62	110,39	95,61
7	0,947	56,97	9,007	88,13	40,44	112,70	105,3
9	1,097	59,20	10,13	88,35	40,81	114,84	112,7
2	1,276	61,43	11,31	90,14	43,91	117,06	121,0
4	1,538	63,65	12,74	90,36	44,30	119,29	131,1
7	1,745	65,88	14,22	91,92	47,20	121,52	141,8
9	1,970	68,10	15,86	92,58	48,51	123,74	151,8
2	2,304	70,33	17,83	93,47	50,29	124,63	156,0

um für diese Resultate eine allgemeine Formel zu erhalten, bemerkt man, daß die Elasticität des Wasserdampfes bei

$$= 30 \text{ Z. bei } 202^{\circ} = \frac{30}{1,23} \text{ Z., bei } 92^{\circ} \text{ F.} = \frac{30}{1,23 \times 1,24} \text{ Z.}$$

t; dagegen bei $222^{\circ} \text{ F.} = 30 \times 1,23 \text{ Z., bei } 232^{\circ} \text{ F.} = 1,23 \times 1,22 \text{ Z. engl.}$ Noch besser aber stimmt die Rechnung mit den Versuchen zusammen, wenn man von 210° F. an, und von 10 zu 10 Graden eine Reihe bildet, welche Temperaturen unter 210° F. stets um 0,01 wächst, über 210° F. stets um 0,01 abnimmt, im ersteren Falle aber weiter mit der Reihe der wachsenden Factoren dividirt, im letzteren aber mit der Reihe der abnehmenden Factoren multiplicirt. Oder allgemein: wenn f die gegebene Temperatur bezeichnet, so ist $\frac{210 - f}{10} = n$ und $\frac{f - 210}{10} = n'$,

sowohl n als auch n' jederzeit bejahend gefunden werden. Ist dann ferner

$$r = \frac{1,23 + 1,23 + 0,01 (n - 1)}{2}$$

$$r' = \frac{1,23 + 1,23 - 0,01 (n - 1)}{2}$$

D a m p f.

$$\text{so } \log. e = \log. 28,9 \text{ Z.} - n \log. r$$

$$\text{und } \log. e' = \log. 28,9 \text{ Z.} + n' \log. r'$$

erstes für Grade unter, letzteres für Grade über 210. V

2 die Elasticität des Dampfes für 140° F. gesucht, u

$$n = \frac{140 - 210}{10} = 7; r = 1,26$$

$$\text{also } \log. 28,9 = 1,46090$$

$$7. \log. 1,26 = 0,70259$$

$$\log. e = 0,75831 \text{ giebt } 5,732 \text{ Z.}$$

$$\text{der Versuch} = 5,770 \text{ Z.}$$

$$\text{diff.} = 0,038 \text{ Z.}$$

Wollte man dagegen e' für 290° suchen, so ist

$$n' = \frac{290 - 210}{10} = 8; r' = 1,19$$

$$\text{also } \log. 28,9 = 1,46090$$

$$8. \log. 1,19 = 0,61896$$

$$\log. e' = 2,07986 \text{ giebt } 120,02 \text{ Z.}$$

$$\text{der Versuch} = 120,15 \text{ Z.}$$

$$\text{diff.} = 0,03 \text{ Z.}$$

Auch für 310° F. also 100° F. über dem Siedepuncte giebt Formel $e = 157,8 \text{ Z.}$

Daß diese Formel gleichfalls nicht allgemein anwen
sey, um für alle Temperaturen die Elasticitäten des Wa
dampfes zu berechnen, geht aus der Betrachtung hervor,
für 680° F. oder 360° C. der Werth $n. \log. r = 0$ wird,
welcher Temperatur daher die Elasticität des Wasserdam
nicht größer seyn würde, als bei der Siedehitze, was c
mit der Erfahrung auf keine Weise übereinstimmt. Noch
fallender aber ist, daß über diese Temperatur hinaus die
sticitäten sehr stark abnehmen, und bald verschwindend
werden, wie es mit der Natur der Sache unvereinbar ist.
indess für höhere Grade auch mit dieser Formel eine ver
chende Prüfung anzustellen, mögen die oben nach den vers
denen Formeln berechneten Beispiele auch hier gewählt
den, nämlich 312°,5 und 580° C. oder 571°,5 und 1044
Für die erste ist

$$n' = 36,15; \quad r' = 1,05452$$

$$\text{also} \quad \log. 28,9 = 1,46090$$

$$n' \log. r' = 0,8334310$$

$$\log. e' = 2,2943310 \text{ giebt } 197 \text{ Z.}$$

die zweite ist

$$n' = 83,4; \quad r' = 0,818$$

$$\text{also} \quad \log. 28,9 = 1,46090$$

$$n' \log. r' = 0,8236252 - 8$$

$$\log. e = 0,2845252 - 6 \text{ giebt } 0,00000192 \text{ Z.}$$

Die Gröſsen sind offenbar zu klein, und zwar so, daſs die Formel nicht einmal für die erste Temperatur mehr zulässig ist.

Unter die neuesten und schätzbarsten Arbeiten über diesen Gegenstand gehören ohne Zweifel die Versuche, welche im polytechnischen Institute in Wien durch J. ARZBERGER angestellt worden, nebst der Berechnung derselben und der Prüfung der verschiedenen bekannten Formeln¹. Insbesondere sind die Versuche deswegen wichtig, weil sie bis zu sehr hohen Temperaturen ausgedehnt wurden, woran es am meisten fehlt. Die-
nach wurde der gewöhnliche Apparat mit einer hohen Glasröhre verworfen, und ein anderer gewählt, welcher die Elasticitäten des Wasserdampfes durch seinen Druck gegen ein Venometer messen eingerichtet war. Eine knieförmig gebogene eiserne Röhre ABC wurde so auf drei Füſse gestellt, daſs der Fig. 115. linke Schenkel lothrecht stand, das andere schräg liegende, welches aber bis nahe zu gleicher Höhe mit diesem anstieg. In dem kürzeren Schenkel C war ein stählerner Ansatz DE mit einem eingeschliffenen Kugelventile geschroben, welches beim Springen durch den Stift H am Abgleiten aus seiner Oeffnung verhindert wurde. Die übrigen Theile, als das Thermometer, Hebelarm und die Waagschale zum Auflegen der Gewichte, sahen sich klar, wobei schon aus der Zeichnung ersichtlich ist, daſs die Einrichtung eine genaue Messung des erzeugten Druckes zulieſs, die Ausgangsröhre B aber war mit einem kleinen Druckwerke M versehen, um vermittelst desselben Wasser den Apparat zu pressen, die Röhre bei A mit dem Hahne

¹ Jahrbücher des polyt. Institutes in Wien. I. 144.

aber diente zum Entweichen der anfänglich eingeschlossene Luft und späterhin des Dampfes zur Regulirung der Ventilstellung. Aus dem Querschnitte der Oeffnung des Ventils und der Stellung der Kugel desselben wurde die Elasticität der Dämpfe berechnet, diesem die Barometerhöhe zuaddirt, und auf diese Weise die ganze Elasticität in Höhen der Quecksilbersäulen gefunden. Darf man hierbei die Genauigkeit der Experimente wie billig, nicht in Zweifel ziehen, so würden nach den Angaben von BAKER und in Uebereinstimmung mit sonstigen Beobachtungen die gefundenen Elasticitäten eher etwas zu niedrig als zu groß seyn, im Allgemeinen aber sehr großes Vertrauen verdienen. Man weiß nämlich, wie unglaublich schwer es hält, durch die sorgfältigste Arbeit aufgeschliffene Ventile zu erhalten, welche absolut genau schließen, und wenn etwas entweicht, so geht die Elasticität leicht unter diejenige, welche der beobachteten Temperatur zugehört. Es wird noch außerdem bemerkt, daß zur genauen Bestimmung der Temperatur durch einen vorläufigen Versuch ohngefähr der richtige Thermometerstand gefunden sey, bei welchem das Instrument mit einer gegebenen Last beschwert, aufgeschlagen wurde, daß demnächst durch Eröffnen des Hahns bei A und C bewirktes Ausströmen von etwas Dampf man den Thermometerstand fast stationär erhalten habe. Diese Bedingungen also auf eine geringere Elasticität als diejenige, welche den Temperaturen genau zugehört. Auf der anderen Seite ist gleichfalls bekannt, daß in der Regel, wie langsam und vorsichtig auch die Erwärmung betrieben wird, dennoch die Dämpfe leichter die Hitze annehmen, als die gebrauchten Thermometer, weswegen die Elasticitäten leicht höher gefunden werden, als die den Temperaturen zukommen. Indem also aus beiden Ursachen von Fehlern einander entgegengesetzte Resultate ohnehin aber versichert wird, daß mehrere Versuche nicht bedeutend abweichende Resultate geliefert hätten, so sind die erhaltenen für einen höchst schätzbaren Beitrag zur Klärung und Begründung einer wichtigen physikalischen Sache zu halten. Folgendes sind die im Mittel aus mehreren Versuchen erhaltenen Werthe, wenn e die Elasticität in Par. Zoll, t das Verhältniß des Pariser zum Wiener = $144:140,13$ und t die Temperatur nach Graden der achtzigsten Scale be-

t	e	t	e	t	e
80,0	28,005	107,5	82,151	151	300,98
89,0	41,114	129,0	164,22	178	574,53
96,5	54,797				

Die allerneuesten Versuche über die Elasticität der Dämpfe **CHRISTIAN**¹ angestellt. Sein Apparat bestand im Wesentlichen aus einem sehr genau polirten Stiefel mit einem Embolus, dessen Reibung durch ein Gegengewicht compensirt wurde, und die Kraft der ihn hebenden Dämpfe aus dem Gewichte des bewegter Bleicylinder, nach dem Flächeninhalte desselben berechnet, sich ergab, ihre absolute Elasticität aber aus diesen Versuchen und dem gleichzeitig beobachteten Luftdrucke. Die Temperatur zeigte ein in dem Dampferzeuger befindliches Thermometer. Obgleich ein solcher Apparat keine absolut genaue Elasticität geben kann, und daher auch die in den einzelnen Versuchsreihen gefundenen Größen zwar in jeder Reihe für sich nach einem scheinbar richtigen Gesetze fortschreiten, die Werthe aber mit verschiedenen Kolben von ungleichen Oberflächen erhaltenen Werthe so bedeutend abweichen, daß man leicht füglich einen mittleren aus ihnen bilden kann; so sind sie doch in so fern schätzbar, als sie die wachsende Elasticität des Wasserdampfes gerade unter denjenigen Bedingungen zeigen, welche bei den Dampfmaschinen in Anwendung kommen. Mit diesem Apparate nur die Elasticitäten über dem Siedepunkte gemessen werden konnten, versteht sich von selbst, inwiefern sie nur bis 170° C., obgleich zu wünschen wäre, daß **CHRISTIAN** sie noch weiter ausgedehnt hätte, weil es eben die höheren und sehr hohen Temperaturen so sehr an Versuchen fehlt. Die Resultate aus seiner letzten, anscheinend genauesten und umfassendsten Versuchsreihe auf Grade nach R. Quecksilberhöhen in Par. Zollen reducirt enthält die folgende Tabelle von 88° R. bis 128°, aus der vorletzten aber für 128° und 128° bis 136°, wobei es aus der oben angegebenen Tabelle nicht auffallen kann, daß bei 128° die Elasticitäten in der anfängenden zweiten Versuchsreihe erst abnehmen, und nach einem dem früheren ähnlichen Gesetze fortschreiten.

Méc. ind. II. 227.

Beide sind indess, mit den Arzbergerschen verglichen, vorzüglich in den höheren Temperaturen etwas zu groß.

t	e	t	e	t	e
84,8	84,447	104,0	74,390	120,0	133,94
88,0	88,788	104,8	76,384	120,8	137,76
88,8	40,020	105,6	79,782	121,6	142,56
89,6	41,251	106,4	83,105	122,4	145,03
90,4	42,728	107,2	85,813	123,2	148,72
91,2	44,205	108,0	88,275	124,0	153,27
92,0	45,486	108,8	91,598	124,8	157,09
92,8	47,539	109,6	94,029	125,6	161,15
93,6	49,007	110,4	97,507	126,4	165,96
94,4	51,099	111,2	100,09	127,2	169,89
95,2	52,699	112,0	102,68	128,0	175,43
96,0	54,422	112,8	105,51	128,8	170,41
96,8	55,531	113,6	108,09	129,6	176,59
97,6	57,754	114,4	111,05	130,8	182,77
98,4	59,346	115,2	114,13	132,0	188,95
99,2	61,316	116,0	117,21	132,8	195,13
100,0	63,286	116,8	120,28	134,0	201,31
100,8	64,886	117,6	123,48	134,4	207,49
101,6	67,348	118,4	127,05	135,2	213,67
102,4	69,564	119,2	130,25	136	219,85
103,2	72,026				

Aus der Vergleichung dieser Gröfsen findet CHRISTIAN, dafs die Elasticität des Dampfes beim Siedepuncte mit 1,032 multiplicirt diejenige giebt, welche zu 101° C. gehört, dafs durch Multiplication jeder folgenden mit diesem nämlichen Coefficienten die nächstfolgende gefunden werden kann. So daher die Thermometergrade nach C. = n, so giebt die Formel:

$$E = 28 \times 1,032^{n-100}$$

die Elasticität des Wasserdampfes in pariser Zollen Quecksilberhöhe. Dafs diese Formel die durch Beobachtung gefundenen Werthe auch innerhalb der engen Grenzen der angestellten Versuche nicht genau giebt, fand CHRISTIAN selbst, noch mehr aber mufs dieses bei höheren Wärmegraden der Fall seyn. Zur Vergleichung mögen die gewählten Temperaturen, nämlich 317°,5 und 580° C. dienen, welche erstere 22192, letztere aber 67077000 P. Z. geben, beide nach genaueren Beobachtungen und der Natur der Sache nach viel zu groß.

not¹ erwähnt neben den Versuchen von URÉ noch neueren TAYLOR, und meint, daß sie die Elasticitäten des Dampfes in den Temperaturen über dem Siedepuncte richtiger angeben, als die von ihm nach DALTON's Beobachtungen entnommene Formel. Werden die von BIOT angegebenen Gröfsen auf die achzigtheil. Thermometers und auf Paris, Zelle bezogen, so giebt dieses folgende Gröfsen:

e	t	e	t	e
28,14	104	72,87	120	129,73
53,64	112	97,88	128	168,42

Die ersten Werthe stimmen mit der nachfolgenden Tabelle überein, die beiden letzteren aber geben gleichwohl Elasticitäten etwas gröfser an.

Andere minder wichtige und umfangende Versuche vermerkt nur der Vollständigkeit wegen historisch erwähnt zu werden. Hierher gehören zwei Versuche von J. T. MAYER², welcher zur Prüfung des Dalton'schen Gesetzes anstellte, und welcher die Elasticitäten des Wasserdampfes für 93° und R. = 51,2 und 81,2 Par. Z. fand, mit ARZBERGER's Versuchen nur nahe übereinstimmend. Eben dieses gilt von den Versuchen des HÉRON DE VILLEFOSSE³, welcher für 97°, 8 R. Sphären, für 111°, 1 aber 3 Atm. und für 121°, 3 endlich Sphären gefunden haben will. Die erste dieser Gröfsen stimmt mit ARZBERGER's Versuchen genau überein, die beiden andern aber sind kleiner, welches um so merkwürdiger ist, da die andern bisher erwähnten Resultate die durch jenen gegebenen übertreffen. Ich selbst habe bei den Untersuchungen über die Dichtigkeit des Wasserdampfes⁴ innerhalb der Temperaturen von — 10° bis 50° R. vermittelst der in einem kleinen Ballon eingeschlossenen Wasserdämpfe die Elasticitäten mit einem kleinen Heberbarometer gemessen, und da die Messungen unter dem Eispuncte selten sind, so mögen die erhaltenen Resultate von — 10° bis 30° R. nach der oben angegebenen Art hier Platz finden, obgleich alle auf diese Weise

Précis élémentaire de Phys. Par. 1824. 2 Vol. 8. II. 777.

Comm. de vi elast. vapor. p. 20.

de la Richesse minérale Par. 1819. 4. III. 87.

Physikalische Abhandlungen. Giessen 1816. 8. p. 195.

erhaltenen Werthe der unvermeidlichen, und hier nicht mitberechneten Capillardepression wegen zu groß seyn müssen, wie dieses sich auch aus einer Vergleichung mit den durch Rechnung gefundenen ergibt.

t	e	t	e	t	e	t	e
— 10	0,090	0	0,170	10	0,447	20	0,958
— 5	0,126	5	0,276	15	0,675	30	1,133

GAY-LÜSSAC¹ bediente sich zum Messen der Elasticität des Dampfes, unter dem Gefrierpunkte eines Barometers, brachte über das Quecksilber eine geringe Quantität der prüfenden Flüssigkeit, nach DALTON's Methode, senkte das vorher schon in einen Winkel von etwa 80° gebogene oberes Ende des Barometers in ein Gefäß mit Eis, und verglich den Stand desselben mit einem in das nämliche Gefäß gesenkten Controlbarometer. Nach CHRISTIAN² fand er die Elasticität des Wasserdampfes bei 0° = 0,18684 P. Z. und bei — 15°,67° = 0,05 P. Z., beide Größen von der nachfolgenden Tabelle bedeutend, Letztere jedoch am meisten abweichend, und beide merklich zu groß, wie sich nicht anders erwarten ließ. Es leuchtet nämlich von selbst ein, daß auf diese Weise für kleine Größen keine genaue Resultate erhalten werden können, theils weil das nicht in die kaltmachende Mischung gesenkt, und folglich wärmere Quecksilber den gebildeten und dasselbe berührenden Dämpfen Wärme zuführt, theils weil die Capillardepression einen zu bedeutenden Einfluß hat.

POISSON³ erwähnt, daß CLÉMENT ihm das Resultat eines Versuches mitgetheilt habe, worin er die Elasticität des Wasserdampfes bei 215° C. oder 172° R. = 35 Atmosphären gefunden habe. Die Genauigkeit dieser Bestimmung läßt sich zwar nicht aus sich selbst prüfen, da die Art, wie dieselbe gefunden wurde, nicht angegeben ist. Indefs giebt die nachfolgende Tabelle für diese Temperatur nicht mehr als 18 Atmosphären, und ist also jene Bestimmung fast um das Doppelte zu groß.

Um vergleichbare Versuche über die Elasticität verschiede-

1 Despretz Traité. p. 111. Biot Traité I. 286.

2 Méc. indust. II. 185.

3 Ann. C. P. XXIII. 407.

der Dampfarten anzustellen, schlägt Gay-Lussac¹ vor, mehrere Barometerrohren mit Quecksilber, in deren oberem Räume sich kleine Quantitäten der Flüssigkeiten befinden, mit ihren unteren Enden in ein gemeinschaftliches Gefäß mit Quecksilber zu senken, sie alle zugleich zu erwärmen, und die Depressionen des Quecksilbers zu vergleichen. Ein solcher Apparat ist sehr sinnreich angedacht, fänden nur nicht gegen diese Dalton'sche Methode so viele von MAYER² und andere genugsam nachgewiesene Einwendungen statt. Ich selbst habe mich solcher Apparate oft bedient, aber nie genaue, oder auch nur unter einander hinlänglich nahe übereinstimmende Resultate damit erhalten können.

Nach dieser umfassenden Zusammenstellung der vorzüglichsten Versuche über die Elasticität überhebe ich mich der Mühe, auch noch diejenigen mitzutheilen, welche Dr. Lüc³, Mayer⁴ u. a. angestellt haben, indem sie den Siedepunct des Wassers bei abnehmendem Barometerstande auf hohen Bergen oder unter dem Recipienten der Luftpumpe beobachteten, um daraus die Elasticität des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen unter dem eigentlichen Siedepuncte des Thermometers zu bestimmen, indem ohnehin wegen vielfach einwirkender Bedingungen auf diesem Wege keine genauen Resultate erhalten sind.

Außer den schon erwähnten Formeln zur Berechnung der Elasticitäten der Wasserdämpfe sind noch einige andere angegeben, welche nicht auf eigene, sondern fremde Beobachtungen gegründet wurden. Hauptsächlich benutzte Söldner⁵ die nach Dalton angestellten Versuche, und entwickelte daraus für die Elasticitäten des Wasserdampfes die Formel

$\log. E = \log. e + 0,1365 \text{ u. } \log. (1,3802 - 0,00253 \text{ u})$
welche mit der von La Place⁶ auf eben diese Versuche gegründeten, aber nach Söldner's erster Abhandlung erst bekannt

1 Biot Traité. I. 287.

2 De lege vis elast. vaporum in Comm. Soc. Reg. Gott. I.

3 Unters. über d. Atmosph. d. Ueb. II. §. 875.

4 N. Journ. I. 62 u. 114. Handbuch d. Naturl. p. 379.

5 G. XVII. 44 ff. XXV. 411.

6 Méc. Col. IV. 273.

gewordenen bis auf die Constanten identisch ist. Nach LA PLACE heißt sie nämlich

$$E = 0^m,76. (10)^{i. 0,0154547 - i^2. 0,0000625826},$$

oder wenn die Elasticität bei der Siedehitze e heißt, und die Formel in Logarithmen ausgedrückt wird

$$\log. E = \log. e + i (0,0154547 - i. 0,0000625826),$$

worin i die Thermometergrade der hunderttheiligen Scale \bar{u} 100° bezeichnen, welche also bei der Anwendung für die Temperaturen über dem Siedepuncte positiv und unter demselben negativ zu nehmen sind. Wird diese für Grade der achtzigtheiligen Scale $= u$, gleichfalls über dem Siedepuncte bejahend und unter demselben verneinend zu nehmen, abgeändert ¹, heißt sie:

$$\log. E = \log. e + u (0,0193184 - u. 0,0000977853).$$

LA PLACE sagt selbst, daß die Formel für $-i = \infty$, aber $+i$ nur bis $= 50^\circ$ oder 60° ausreicht, (welches übrigens heißt, daß dann die wachsenden Elasticitäten wieder abzunehmen anfangen, denn nach LA PLACE's Formel ist bei $277^\circ,6$ nach SOLDNER's bei 230° R. über der Siedehitze die Elasticität des Wasserdampfes der des kochenden Wassers wieder gleich und es folgt also hieraus, daß beide Formeln nicht allgemein gültig seyn können. Von den beiden oben gewählten Temperaturen, nämlich $317^\circ,5$ und 580° C. oder 254° und 464° kann also nur noch die erstere nach LA PLACE's Formel berechnet werden, und giebt die Elasticität des Wasserdampfes $= 125,8$ Par. Z. Die höchste Temperatur giebt nach derselben eine verschwindend kleine Elasticität, ein der Natur der Sache widerstreitendes Resultat. Beide Temperaturen geben aber nach SOLDNER's Formel negative Elasticitäten, welches unmöglich ist.

POISSON in seiner oben erwähnten Abhandlung über das Verhalten der Gasarten und Dämpfe überhaupt ² findet für die Elasticität des Wasserdampfes die Formel

$$E = 0^m,76. \left(\frac{266,67 + t}{366,67} \right)^{14,65}$$

worin t die Wärmegrade nach C. bedeutet, die Elasticität

¹ Arzberger a. a. O.

² Ann. C. P. XXIII. 346.

ber in Quecksilberhöhen nach Metres gefunden wird. Für Temperaturen beim Eispuncte und unter demselben stimmt die-
 e zwar mit der Erfahrung sehr nahe überein, allein Poisson
 besteht selbst, daßs sie für höhere sehr von den Resultaten der
 Beobachtungen abweicht. So giebt dieselbe für 170° C. eine
 Elasticität von 13 Atmosphären statt 8, für 215° C. aber giebt
 sie 54 Atmosphären statt der 35 durch CLÉMENT im Versuche
 gefundenen, ungeachtet auch diese letztere Angabe nach den
 ben angegebenen Gründen viel zu hoch ist, und die nachfol-
 ende Tabelle hierfür nur 18 Atmosphären giebt. Unter die
 haltreichsten Untersuchungen über das Verhalten der Dämpfe
 überhaupt gehört diejenige, welche J. T. MAYER hauptsächlich
 zur Prüfung des unten zu erwähnenden Dalton'schen Gesetzes
 über dieselben anstellte¹. Sie schliessen sich an die zuletzt ge-
 nannten von Poisson an, unterscheiden sich aber von den
 übrigen in so fern, als die das Gesetz der Elasticität der Dämpfe
 ausdrückende Formel nicht bloßs aus den Resultaten der Ver-
 suche durch Interpolation gefunden wird, sondern die ander-
 weitig bekannten Gesetze des Verhaltens der expansibelen Flüs-
 sigkeiten überhaupt dabei berücksichtigt sind. Der Gang dieser
 Betrachtungen ist im Wesentlichen folgender.

Man darf im Allgemeinen annehmen, daßs die Elasticitätä-
 der Dämpfe im zusammengesetzten Verhältnisse ihrer Dich-
 tigkeiten und Temperaturen stehen. Heissen also die Dichtig-
 keiten, Elasticitäten und Wärmen $D, d; E, e; V, v$, so ist
 $E : e = D V : d v$. Nimmt man ferner das Volumen U , so
 wird unter der Voraussetzung, daßs die Ausdehnungen der
 Wärme genau proportional sind, $U : u = V : v$, und mäfse
 man die Temperaturen der Dämpfe vermittelt eines Thermo-
 meters, worauf die angegebene Bedingung paßt, so würde
 $E : e = D U : d u$ seyn. Das Quecksilberthermometer erfüllt
 diese Bedingung nicht genau, und nur innerhalb der beiden
 festen Puncte seiner Scale mit unmerklicher Abweichung; in-
 leßs sind die Differenzen so geringe, daßs man dasselbe unbe-
 denklich als ein richtiges Maßs der Wärme annehmen kann.

¹ Comment. de lege vis elasticae vaporum in Comm. Soc. Gott.
 109.

Zugleich ergeben die Beobachtungen, daß die Ausdehnung der expansibelen Flüssigkeiten für einen Grad der achtzigtheil. Scala $\frac{1}{213}$ des Volumens, dasselbe als Einheit genommen, beträgt. Nennt man diese GröÙe A , und bezeichnet die Temperaturen nach R. mit T und t , so ist $E : e = D (1 + A T) : d (1 + A t)$. Es wird ferner die Dichtigkeit der Dämpfe allerdings eine Function der Temperatur seyn, und zwar in der Art, daß dieselbe stets wächst; allein dieses kann nicht bis ins Unendliche fortgehen, weil sonst die Dichtigkeit ins Unendliche wachsen müßte. Ferner muß aber selbst bei 0° der Temperatur noch eine gewisse geringe Dichtigkeit statt finden und dieselbe niemals negativ werden, weil dieses unmöglich ist. Setzt man voraus, daß es unter 213° R. keine Wärme mehr giebt, oder daß hierbei der absolute Nullpunct liege¹, so geschieht allen diesen Bedingungen Genüge, wenn allgemein

$$\text{Dichtigkeit } d = \frac{\frac{\alpha}{e}}{(1 + A t)^m} \text{ gesetzt wird, worin } \alpha, \gamma \text{ und } e$$

durch Versuche zu bestimmen sind, e aber die Basis der hyperbolischen Logarithmen bezeichnet. Wird in diese Formel eine Constante eingeführt, so ist die Formel für die Elasticität der Dämpfe

$$E = \mu \alpha (1 + A t) e^{\frac{-\gamma}{(1 + A t)^m}}$$

und da die Versuche ergeben, daß $m = 1$ seyn muß, so wird einfacher

$$E = \mu \alpha (1 + A t) e^{\frac{-\gamma}{1 + A t}}, \text{ oder}$$

$$E = \frac{\mu \alpha}{213} (213 + t) e^{\frac{-213 \gamma}{213 + t}}, \text{ also}$$

$$\log. E = \log. \frac{\mu \alpha}{213} + \log. (213 + t) - \frac{213 \gamma \log. e}{213 + t}$$

¹ Es ist oben, S. *latente Wärme des Dampfes*, gezeigt, daß der absolute Nullpunct bei $-640^\circ \text{ C.} = -512^\circ \text{ R.}$ liegen müsse. Es ist merkwürdig, daß beide sehr abweichende Bestimmungen aus der Natur der expansibelen Flüssigkeiten folgen.

1, die beständigen Gröfsen hierin durch B und C bezeichnet endlich

$$\log. E = B + \log. (213 + t) - \frac{C}{213 + t}$$

AYER findet aus SCHMIDT's Beobachtungen die Constanten die-
Formel so, daß sie bei Wasserdampf für Grade nach Réau-
ir und Quecksilberhöhen in Par. Zollen

$$\log. E = 4,2860 + \log. (213 + t) - \frac{1551,09}{213 + t}$$

rd. ARZBERGER bestimmt dieselben aus den Resultaten seiner
rsuche bei sehr hohen Temperaturen, und findet sie

$$\log. E = 2,8435 + \log. (213 + t) - \frac{847,3}{140 + t}$$

r Grade nach R. und Quecksilberhöhen in Wiener Zollen.
ie Reduction der letzteren giebt

$$\log. E = 2,83165 + \log. (213 + t) - \frac{847,3}{140 + t}$$

Prüfen wir auch diese Formel nach den oben gewählten
Temperaturen, nämlich 254° und 464° R., so giebt die erstere
11, die letztere 18165 Z. Quecksilberhöhe, beide Gröfsen
durchaus von der Art, daß sie mit den Gesetzen der Natur
sehr gut bestehen können.

L. F. KAEMTZ in seiner mehrmals erwähnten Abhandlung ¹
befolgt zur Auffindung einer allgemeinen Formel für die Ela-
sticitäten der Dämpfe zwar im Allgemeinen die von BIOT vor-
geschlagene Methode, ändert das Verfahren indess in mehr-
facher Hinsicht ab, auf eine ähnliche Weise, als bei der Be-
stimmung des Gesetzes der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkei-
ten die von BIOT gefundene Formel durch PAUCKER abgeändert
ist ². Zuerst legt er nicht die Resultate der Dalton'schen Ver-
suche allein zum Grunde, sondern für die niederen Tempera-
turen die von DALTON, URE und SOUTHERN, für die mittleren
und höheren aber die von URE, BAKER und SCHMIDT, giebt aber
letzteren nicht gleiche Wahrscheinlichkeit, sondern nach der,

¹ Schweigg. N. R. XII. 424.

² Vergl. *Ausdehnung* I. 608.

Dampf.

findung des mittleren wahrscheinlichen Werthes
mehrer Beobachtungen geeigneten, Formel

$$m = \frac{a\alpha + b\beta + c\gamma + d\delta + \dots}{\alpha + \beta + \gamma + \delta + \dots}$$

die Beobachtungen von BIKER, SCHMIDT und URE
en letzteren aber einen doppelten Werth der Genau-
ke em $\alpha = \beta = 1$, γ aber $= 2$ genommen wird. I-
ses hren liefert von 0° bis 120° R. die mittleren Wa-
genannten Versuchsreihen, welche allerdings nach
regelmäßigen Gesetze fortschreiten. Anstatt

dann, nur 4 Versuche zur Bestimmung
der 16 Beobachtungen zu wählen, deren Fehler sich natürlich
die 16 Beobachtungen einschleichen, und die weiter abliegenden Beobach-
tungen so mehr unrichtig machen müssen, je weiter
von den berechneten Beobachtungen entfernt liegen, mit
KÄRZT 16 Beobachtungen von 5 zu 5 Graden zwischen
und 120° zur Bestimmung der Coefficienten auf, und
vorgegangener Reduction auf Par. Duodecimallinien
achtzigtheil. Scale die Coefficienten der Biot'schen

2. Formel

$$\log. F_n = \log. 336'' + an + bn^2 + cn^3$$

aus allen 16 mittleren Werthen der Beobachtungen nach
Methode der kleinsten Quadrate, und erhält hierdurch

$$\begin{aligned} \log. F_n &= 2,5268893 - 0,01907612588 n \\ &\quad - 0,00010296015 n^2 - 0,00000004731 n^3 \end{aligned}$$

worin n die Temperaturen nach Graden des achtzigtheiligen
Thermometers, unter dem Siedepuncte bejahend, über dem
selben verneinend, bezeichnet. Die Berechnung der Elasticitäten
nach dieser Formel bestätigt indess keineswegs die Angabe
Biot's, daß man nämlich im allgemeinen Ausdrucks
die Elasticitäten des Wasserdampfes der höheren, über die
vierte hinausgehenden Potenzen der Temperaturen nicht bedürftig
indem zwar bis zur Siedehitze die berechneten Werthe mit
beobachteten sehr genau übereinstimmen, über diesen Punkt
aber die Differenzen, für die berechneten stets verneinend,
regelmäßig so stark wachsen, daß sie für 120 Grad schon 27
Par. Lin. oder $22,5$ Z. also $0,75$ Atmosphären betragen. D-
wegen nimmt KÄRZT auch noch die vierte Potenz von n

er, bestimmt auf gleiche Weise die Coefficienten, und findet man

$$g. F_n = 2,5263393 - 0,01950230219 n - 0,00007404868 n^2 \\ - 0,00000066252 n^3 + 0,00000000399 n^4.$$

Diese Formel giebt zwar allerdings geringere Differenzen, ein sie nehmen jetzt für die Berechnung über 80° R. positiv zu wachsend so zu, daß sie bei 120° schon 128 Par. Lin., oder 10,65 Z. betragen, mithin nahe 0,4 Atmosphären.

Um auch diese Formel für die schon mehr in Rechnung genommenen höheren Temperaturen zu prüfen, sey t und $t' = 4^\circ$ und 464° R., wonach also $n = -174$ und -384 wird. Die erstere Temperatur giebt die Elasticität des Dampfes nahe $E = 5572700000$ Par. Z. Die letztere aber giebt den Logarithmus der Elasticität in Zollen $= 113,9443581$. Diese Formel führt also zwar nicht auf geometrisch erweisliche Unrichtigkeiten, hat auch nicht den Fehler, daß die Elasticitäten sich derselben wieder abnehmen, und zuletzt verschwindend werden, wie nach der von Biot gefundenen, allein dennoch zeigen die angestellten Berechnungen, daß die schon von 4° bis 120° stets zunehmenden positiven Differenzen der Rechnungen und Beobachtungen mit der Zunahme der Temperatur in Unermeßliche wachsen, daß man unmöglich das richtige Gesetz des Verhaltens der Wasserdämpfe durch sie ausgedrückt haben kann.

Endlich verdient noch erwähnt zu werden, daß einige annehmen, die Elasticität der Dämpfe werde verdoppelt, wenn die Temperatur um eine gewisse Menge Grade wächst, man möge ausgehen, von welcher Temperatur man wolle. Wäre dieses wirklich der Fall, so würde die Formel für die Elasticität der Dämpfe seyn

$$E = H \times 2^{\frac{z - 100}{s}},$$

wann H die Barometerhöhe, z die gegebene Temperatur in Centesimal-Graden und s diejenige Menge der Grade nach der nämlichen Scale bezeichnet, welche eine Verdoppelung der Elasticität hervorbringt. Nach EVANS soll $s = 16^\circ \frac{2}{3}$ C. nach CHRI-

Dampf.

aber $= 22^{\circ}$ C. seyn. Bringt man die Formel
 k

$$E = H \times 10^{0,30103 \frac{z'}{s}}$$

wobei z' vom Siedepuncte an gezählt wird, so kommt
 der von LA PLACE gegebenen nahe überein, und es
 $s = 16^{\frac{2}{3}}$ C.

$$E = H' \times 10^{0,0130618 z'},$$

für $s = 22^{\circ}$

$$E = H \times 10^{0,01364734 z'};$$

allein MARESTIER², welcher diese Formel zu einem ander
 ke benutzt, findet sie nicht mit der Erfahrung übereinst
 und eben dieses folgt genugsam aus den bisher angestel
 tersuchungen, so daß also eine weitere Widerlegung die
 gestellten Gesetzes überflüssig seyn würde³.

Ueerblicken wir nunmehr die sämtlichen bishe
 suchten Formeln, und fragen, welche von ihnen das Ge
 Elasticitäten des Wasserdampfes für alle Temperaturen
 stellen im Stande sind, so fallen einige derselben vo
 weg, weil sie auf Ungereinheiten führen. Dahin gel
 von PRONY und SOLDNER, und für Temperaturen unte
 die von SCHMIDT; andere sind von der Art, daß sie die
 citäten in höheren Graden wieder abnehmen lassen, w
 nicht geradezu ungereimt genannt werden kann, allein s
 alle denkbare Wahrscheinlichkeit streitet, daß es au
 Weise annehmbar ist, und dieses um so weniger, als die
 geringe Elasticität des Wasserdampfes schon bei Tempe
 statt finden mußte, welche ohne Zweifel in der Natu
 mentlich beim Verpuffen des Knallgases vorkommen. I
 gehört die von BIOT, LA PLACE und UNE. Noch ander
 die Elasticitäten bei zunehmenden hohen Temperaturen
 wachsen, wie dieses nach wirklichen Beobachtungen d
 nicht ist, und mit höchster Wahrscheinlichkeit bei Temper
 welche außer den Grenzen bisheriger directer Beobach

¹ Méc. ind. II. 240.

² a. a. O. p. 226.

³ Vergl. oben: *Latente Wärme des Dampfes*.

n, noch minder statt finden kann. Hierhin gehört vor al-
 Dingen die von KAEMTZ, weit weniger aber die von SCHMIDT
 noch weniger die von SOUTHERN. Die einzige Formel also,
 die bloß in dem Falle auf unmögliche Werthe führen wür-
 wenn man annehmen wollte, es fände unter -218° R.

Wärme statt, oder der absolute Nullpunct läge noch tiefer
 als dieser Temperatur, welche übrigens für die höheren und
 sten bis jetzt in den Versuchen angewandten Temperaturen
 directen Beobachtungen am genauesten übereinstimmende;
 auch für noch höhere Temperaturen keine unwahrschein-
 liche Resultate giebt, ist die von MAYER. Dabei ist nicht zu
 sehen, daß alle Formeln für die Temperaturen innerhalb
 festen Punkte des Thermometers, und, mit Ausnahme der
 russischen, auch für Grade unter dem Gefrierpuncte solche
 the der Elasticitäten geben, welche mit den Beobachtungen
 genau übereinstimmen. Es dringt sich daher von selbst
 Frage auf, ob Beobachtungen bei niederen, mittleren und
 der hohen Temperaturen überhaupt das Gesetz des Wachsens
 Elasticitäten des Wasserdampfes so angeben, daß auf die-
 eine überhaupt sowohl für die niedrigsten als auch höch-
 Temperaturen passende Formel gegründet werden kann?
 die niederen und niedrigsten Temperaturen kann die Frage
 scheinlich bejahet werden, weil in diesen der Dampf seine
 nicht ändert, für die höheren und höchsten aber glaube
 selbe verneinen zu müssen. Wäre dieses möglich, so
 die viergliedrige Formel von KAEMTZ gewiß zum Ziele
 , allein da diese noch allem Anscheine nach sehr weit
 entfernt ist, so kann man billig fragen, wie viele Glieder
 in die Formel aufnehmen müßte, um das Gesetz des Fort-
 ses vollkommen genau auszudrücken? Ohne Zweifel eine
 große Menge, wobei die Werthe der letzten mit zunehmender
 Temperatur erst von Einfluß wären, und weil diese überhaupt
 nur aus den Beobachtungen gefunden werden könnten, so
 die allezeit die Formel nicht über die Grenze der wirklichen
 achtungen reichen, und somit der Forderung nicht Genüge
 stet werden. MAYER hat dieses schon angegeben, allein

Dampf.

nist der Ursache, woraus er diese Eigenthümlichkeit abzuleiten geneigt ist, nämlich weil der höhere Druck der schon gegebenen Dämpfe der neuen sich bildenden Wasserpartikeln ein wachsendes Hinderniß der Verwandlung in Dampf entgegensetzt, bin ich nicht einverstanden, indem ich den Grund mehr darin suchen möchte, daß mit stets wachsenden Drucken als auch Dichtigkeit der Dämpfe diese letzteren in veränderten Aggregatzustände stets näher kommen, oder andern Worten, sie nähern sich stets mehr dem tropfbar flüssigen Wasser, bei welchem das Gesetz der Ausdehnung und Elasticität ein ganz anderes ist, als bei den Dämpfen. Indem Naturerscheinungen auf nothwendigen Gesetzen beruhen, so lasse sich auch diese, scheinend davon abweichende, vielleicht nach LA PLACE's oben mitgetheilten Vorstellung von der Abstoßung der Dämpfe auf den Conflict der gegenseitigen Anziehung und Abstoßung der Elemente der Dämpfe und der Wärmetheile zurückführen, wenn dieses nicht auf zu viel Hypothese hinausläufe.

Da es in mehrfacher Beziehung höchst wichtig ist, Elasticitäten des Wasserdampfes sowohl bei niederen als bei höheren Temperaturen zu kennen, zur Berechnung dienen aber die von MAYER gegebene Formel sich vorzüglich eignet zeigt, für niedere und mittlere Grade des Thermometers aber die Beobachtungen mit denen nach dieser Formel erhalten so genau übereinstimmende Resultate geben, so enthält nachstehende Tabelle diese Elasticitäten nach MAYER's Formel sowohl für Pariser Zolle als auch für Atmosphären nach Grad der achtzigtheiligen Scale berechnet.

Die Constanten in dieser Formel sind bloß aus den Resultaten der Versuche von ANZBERGER entnommen, welche nur denen von WATT erhaltenen übereinstimmen, von allen übrigen aber mehr oder weniger in so fern abweichen, daß sie die Elasticitäten des Dampfes geringer angeben. Man darf also fragen, warum nicht lieber aus diesen und andern genaueren Resultaten die mittleren Werthe genommen sind. Es schien indess rathsamer, sich auf die Resultate der Wiener Versuche allein zu beschränken, theils weil diese allerdings auf einen hohen Grad der Genauigkeit Ansprüche haben, theils weil sie weitern bis zu den höchsten Temperaturen ausgedehnt sind,

h weil nach der von den übrigen Beobachtern gebrauchten
de die Elasticitäten leicht zu groß gefunden werden, die
ichungen im Allgemeinen verhältnismäßig nicht bedeu-
ind, und es in der Anwendung, namentlich auf die Dämpf-
inen besser ist, wenn die Theorie die Elasticitäten etwas
ringe als etwas zu groß angiebt. Uebrigens werden die
lichen Wiener Beobachtungen zugleich mit der dem Sie-
cle des Thermometers zugehörigen Elasticität, so weit sie
von einander abstehe, durch Rechnung nach dieser For-
genau ausgedrückt, als man nur immer erwarten kann.

t	Elastic. P. Zolle	t	Elastic. P. Zolle	t	Elastic. P. Zolle
—50	0,0000	2	0,1038	30	1,7106
45	0,0001	1	0,1154	31	1,8368
40	0,0004	0	0,1282	32	1,9709
35	0,0013	+ 1	0,1422	33	2,1130
30	0,0025	2	0,1575	34	2,2636
29	0,0029	3	0,1741	35	2,4231
28	0,0034	4	0,1923	36	2,5921
27	0,0040	5	0,2122	37	2,7707
26	0,0047	6	0,2337	38	2,9594
25	0,0055	7	0,2571	39	3,1589
24	0,0064	8	0,2825	40	3,3694
23	0,0074	9	0,3101	41	3,5915
22	0,0086	10	0,3398	42	3,8255
21	0,0099	11	0,3721	43	4,0723
20	0,0114	12	0,4069	44	4,3320
19	0,0131	13	0,4445	45	4,6054
18	0,0150	14	0,4850	46	4,8930
17	0,0172	15	0,5286	47	5,1952
16	0,0196	16	0,5755	48	5,5128
15	0,0224	17	0,6260	49	5,8463
14	0,0255	18	0,6801	50	6,1963
13	0,0289	19	0,7383	51	6,5634
12	0,0328	20	0,8500	52	6,9483
11	0,0371	21	0,8672	53	7,3514
10	0,0418	22	0,9386	54	7,7736
9	0,0471	23	1,0149	55	8,2158
8	0,0530	24	1,0963	56	8,6784
7	0,0595	25	1,1833	57	9,1623
6	0,0667	26	1,2761	58	9,6679
5	0,0747	27	1,3747	59	10,196
4	0,0835	28	1,4799	60	10,748
3	0,0934	29	1,5917	61	11,323

t	Elastic. P. Zolle	Atmosph.	t	Elastic. P. Zolle	Atm.
62	11,924	—	106	77,827	2,7
63	12,551	—	107	80,620	2,8
64	13,204	—	108	83,489	2,9
65	13,884	—	109	86,437	3,0
66	14,593	—	110	89,464	3,1
67	15,331	—	111	92,576	3,2
68	16,099	—	112	95,770	3,3
69	16,698	—	113	99,051	3,4
70	17,729	—	114	102,42	3,5
71	18,592	—	115	105,87	3,6
72	19,489	—	116	109,42	3,7
73	20,422	—	117	113,05	3,8
74	21,389	—	118	116,78	3,9
75	22,393	—	119	120,60	4,0
76	23,435	—	120	124,52	4,1
77	24,516	—	121	128,54	4,2
78	25,635	—	122	132,65	4,3
79	26,797	—	123	136,87	4,4
80	28,000	1,0000	124	141,19	4,5
81	29,246	1,0444	125	145,62	4,6
82	30,535	1,0905	126	150,14	4,7
83	31,870	1,1382	127	154,78	4,8
84	33,252	1,1876	128	159,53	4,9
85	34,681	1,2386	129	164,39	5,0
86	36,158	1,2913	130	169,35	5,1
87	37,685	1,3459	131	174,44	5,2
88	39,264	1,4028	132	179,64	5,3
89	40,894	1,4605	133	184,96	5,4
90	42,577	1,5206	134	190,39	5,5
91	44,315	1,5827	135	195,95	5,6
92	46,110	1,6468	136	201,63	5,7
93	47,961	1,7129	137	207,43	5,8
94	49,871	1,7811	138	213,36	5,9
95	51,841	1,8514	139	219,42	6,0
96	53,870	1,9239	140	225,61	6,1
97	55,964	1,9987	141	231,93	6,2
98	58,119	2,0757	142	238,38	6,3
99	60,341	2,1550	143	244,96	6,4
100	62,628	2,2367	144	251,69	6,5
101	64,985	2,3209	145	258,55	6,6
102	67,409	2,4075	146	265,56	6,7
103	69,905	2,4966	147	272,72	6,8
104	72,472	2,5888	148	279,99	6,9
105	75,112	2,6826	149	287,43	7,0

Elastic. P. Zolle	Atmosph.	t	Elastiſc. P. Zolle	Atmosph.
295,01	10,536	194	802,45	28,659
302,74	10,812	195	818,56	29,234
310,62	11,094	196	834,91	29,818
318,65	11,380	197	851,51	30,411
326,85	11,673	198	868,34	31,011
335,20	11,971	199	885,40	31,621
343,70	12,275	200	902,69	32,239
352,37	12,584	205	992,86	35,459
361,19	12,900	210	1089,3	38,902
370,18	13,220	215	1192,1	42,576
379,34	13,548	220	1301,8	46,491
388,66	13,881	225	1418,3	50,651
398,15	14,219	230	1541,9	55,067
407,82	14,565	235	1672,7	59,745
417,66	14,916	240	1811,4	64,692
427,67	15,274	245	1957,7	69,917
437,87	15,639	250	2111,8	75,422
448,26	16,009	255	2274,3	81,223
458,78	16,385	260	2444,9	87,317
469,50	16,768	265	2624,1	93,717
480,42	17,158	270	2812,6	100,45
491,52	17,554	275	3008,7	107,45
502,82	17,958	280	3214,5	114,80
514,29	18,368	285	3429,5	122,48
525,96	18,784	290	3653,9	130,49
537,82	19,208	295	3887,7	138,85
549,88	19,638	300	4131,3	147,55
562,13	20,076	305	4384,7	156,60
574,59	20,521	310	4647,9	166,00
587,26	20,973	315	4921,3	175,66
600,12	21,432	320	5205,0	185,90
613,18	21,899	325	5499,0	196,39
626,45	22,373	330	5803,4	207,26
639,93	22,885	335	6118,4	218,51
653,60	23,342	340	6444,2	230,15
667,50	23,839	345	6780,6	242,16
681,62	24,343	350	7128,2	254,58
695,95	24,855	355	7486,5	267,38
710,49	25,375	360	7856,0	280,57
725,27	25,902	365	8236,8	294,17
740,25	26,437	370	8628,8	308,17
755,46	26,980	375	9032,1	322,57
770,90	27,532	380	9446,7	337,58
786,57	28,092	385	9873,0	352,61

t	Elastic. P. Zolle	Atmosph.	t	Elastic. P. Zolle	Atmosph.
390	10311	368,24	650	49560	1770,0
395	10760	384,28	660	51706	1846,6
400	11221	400,76	670	53896	1924,9
405	11694	417,64	680	56132	2004,7
410	12178	434,94	690	58405	2085,9
415	12675	452,68	700	60734	2169,1
420	13183	470,83	710	63100	2253,6
425	13703	489,40	720	65509	2339,6
430	14235	508,41	730	67959	2427,1
435	14780	527,84	740	70453	2516,1
440	15335	547,68	750	72989	2606,7
445	15904	567,99	760	75565	2698,7
450	16484	588,71	770	78181	2792,2
455	17076	609,86	780	80839	2887,1
460	17681	631,45	790	83535	2983,4
465	18297	653,48	800	86262	3081,2
470	18926	675,91	810	89049	3180,3
475	19567	698,81	820	91865	3280,9
480	20219	722,12	830	94717	3382,7
485	20885	745,88	840	97609	3486,0
490	21562	770,06	850	100540	3590,5
495	22251	794,68	860	103500	3696,5
500	22952	819,73	870	106500	3803,7
510	24393	871,17	880	109540	3912,3
520	25880	924,27	890	112620	4022,1
530	27417	979,15	900	115730	4133,1
540	29001	1035,7	910	118870	4245,4
550	30634	1094,1	920	122050	4358,9
560	32313	1154,1	930	125270	4473,7
570	34043	1215,8	940	128510	4589,8
580	35819	1279,2	950	131790	4706,8
590	37644	1354,4	960	135110	4825,3
600	39513	1411,2	970	138450	4944,7
610	41430	1479,7	980	141830	5065,4
620	43399	1550,0	990	145240	5187,3
630	45404	1621,5	1000	148680	5310,1
640	47459	1695,0			

Rücksichtlich der Dämpfe von anderen Flüssigkeiten hat insbesondere das von DALTON aufgestellte Gesetz Aufsehen gemacht. Aus seinen Versuchen mit Schwefeläther, Alkohol, flüssigem Ammoniak, flüssigem salzsaurem Kalke, schweflicher Säure und Quecksilber will er nämlich gefunden haben, daß *allgemein für gleiche Temperaturen über oder unter dem Siede*

den Dämpfen aller Flüssigkeiten gleiche Elasticitäten
 ören¹, und BIOT² zeigt ausführlich, wie genau Rech-
 und Versuche mit einander zur Bestätigung dieses Ge-
 übereinstimmen. Allein die Art der Versuche DALTON's
 e gleich anfangs durch PARROT³ verdächtig gemacht,
 er aber zeigte J. T. MAYER⁴ ausführlich die Unzuläng-
 eit seines Apparates und die Ungenauigkeit seiner Resultate
 den Mangel an Uebereinstimmung mit anderen, auf eine
 zweckmässigere Weise erhaltenen. Späterhin bewies auch
 , daßs dieses Gesetz mit seinen eigenen genauen Versuchen
 haus nicht übereinstimme, und eben dieses Resultat er-
 DESPRETZ⁶ gleichfalls bei seinen neuesten Untersuchungen
 diesen Gegenstand. Eben so wenig fand URE ein anderes
 DALTON aufgestelltes Gesetz bestätigt⁷, daßs nämlich die
 ität der Dämpfe in einer geometrischen Progression
 en soll, wenn die Scalen der Quecksilberthermometer
 DALTON's Hypothese getheilt sind. Daßs diese letztere mit
 Ausdehnung des Quecksilbers nicht vereinbar sey, ist oben
 igt⁸, und daßs die Elasticitäten des Wasserdampfes eine
 he Reihe nicht befolgen, geht aus den eben angestellten
 rsuchungen genugsam hervor. Irgend ein anderes allge-
 es Gesetz über die Elasticitäten der verschiedenen Dämpfe
 nehmen, dazu berechtigen uns die bisherigen Versuche
 t, ausser daßs wir ihr Verhalten im Allgemeinen für ähn-
 halten müssen, wie schon aus der Natur der Sache an-
 folgt, und auch daraus hervorgeht, daßs die Elasticitäten
 elben nach den nämlichen Formeln mit veränderten Coeffi-
 ten berechnet werden können, ohne daßs die auf diese
 e erhaltenen Werthe von den durch Erfahrung gefundenen
 ichtlich abweichen.

¹ Mem. of the literary and philos. Soc. of Manchester V. 550.

² Traité I. 280.

³ G. XVII. 82.

⁴ a. a. O.

⁵ Phil. Tr. 1818. 361.

⁶ Ann. C. P. XVI. 105.

⁷ Phil. Tr. 1818. p. 366.

⁸ Vergl. Ausdehnung I. 597.

B. Alkoholdampf.

In sofern es also kein allgemeines Gesetz für die Elasticitäten der Dämpfe giebt, müssen diese durch Versuche einzeln gefunden werden, welche indess bis jetzt noch nicht auf alle Flüssigkeiten ausgedehnt sind, weil keineswegs alle ein gleiches Interesse erregen. Unter die vorzüglich mit untersuchten Flüssigkeiten gehört der *Alkohol*, welchen schon ZIEGLER¹ mit in seine Versuche zog. Allein da die bei steigenden und abnehmenden Temperaturen erhaltenen Quecksilberhöhen so große Unterschiede zeigen, so dürfen sie als minder genau übergegangen werden. Weit bedeutender sind die durch BETANCOURT erhaltenen Resultate², welche daher zur Vergleichung hier aufgenommen werden mögen. Auch hierin bezeichnet t die Temperaturen nach R. und e die Elasticitäten in Quecksilberhöhen nach Par. Zollen.

t	e	t	e	t	e	t	e
3	0,05	25	2,32	47	10,80	69	37,20
4	0,09	26	2,52	48	11,50	70	39,40
5	0,12	27	2,75	49	12,20	71	41,30
6	0,18	28	2,95	50	12,35	72	43,50
7	0,25	29	3,20	51	13,75	73	46,00
8	0,32	30	3,40	52	14,60	74	48,10
9	0,38	31	3,70	53	15,50	75	50,20
10	0,45	32	4,00	54	16,40	76	52,60
11	0,50	33	4,30	55	17,65	77	55,30
12	0,62	34	4,60	56	18,85	78	57,90
13	0,72	35	4,95	57	20,00	79	61,00
14	0,82	36	5,28	58	21,20	80	63,80
15	0,93	37	5,55	59	22,30	81	66,90
16	1,02	38	6,00	60	23,70	82	69,80
17	1,12	39	6,45	61	24,80	83	73,40
18	1,25	40	6,90	62	26,10	84	76,90
19	1,38	41	7,35	63	27,40	85	79,60
20	1,52	42	7,82	64	28,90	86	83,60
21	1,65	43	8,37	65	30,60	87	87,10
22	1,80	44	8,92	66	32,00	88	90,80
23	1,95	45	9,48	67	33,50	89	95,00
24	2,10	46	10,15	68	35,10	90	98,00

¹ de Digest. Papini. p. 43.

² Mém. sur la force expansive de la vapeur cet. à Par. 1792. 4. Prony neue Architect. Hydr. I. 606. Vollständiger in Journ. de l'école polyt. Cah. II. daraus in Gren N. J. IV. 215.

WATT ¹ gebrauchte seinen oben beschriebenen Apparat zu einigen Versuchen mit Alkohol, welche indess nicht mit vorzüglicher Sorgfalt angestellt sind, und auch in sofern nicht für bedeutend gelten können, als die Reinheit des gedestillirten Weingeistes nicht angegeben ist. Die erhaltenen Resultate nach Graden R. und Par. Zollen sind folgende:

t	e	t	e	t	e	t	e
0,89	0,20	39,11	6,52	50,89	14,01	58,67	21,00
3,56	0,87	41,11	7,92	51,78	14,87	59,56	21,70
15,56	1,77	42,67	8,83	52,89	15,00	60,00	21,82
23,11	2,62	44,44	9,65	53,55	16,62	60,44	23,75
28,00	3,46	45,78	10,42	54,67	17,74	60,89	24,60
31,56	4,42	47,56	11,30	55,56	18,35	61,78	25,50
34,22	5,25	49,62	12,10	56,89	19,40		
36,44	6,10	49,78	13,10	58,00	20,60		

Auch ROBISON ² stellte Versuche an über die Elasticität der Alkoholdämpfe, gegen welche aber die nämliche Erinnerung statt findet. Folgende sind die von ihm erhaltenen, auf gleiche Weise reducirten Resultate.

t	e	t	e	t	e	t	e
0,00	0,00	21,33	1,75	48,00	11,40	74,67	51,62
3,56	0,09	30,22	3,54	56,89	20,51	83,56	73,65
12,44	0,75	39,11	6,44	65,78	31,84	92,45	107,88

G. G. SCHMIDT ³ fand in seinen Versuchen, welche er mit dem oben beschriebenen Ciarcy'schen Dampfbarometer anstellte, folgende Elasticitäten des Alkoholdampfes für t Grade nach R. in Par. Zollen

t	e	t	e	t	e	t	e
— 5	0,13	15	1,490	35	5,744	55	18,04
0	0,35	20	2,105	40	7,805	60	23,42
+ 5	0,49	25	3,036	45	10,42	65	30,03
10	0,80	30	4,158	50	13,85	70	38,25

Mit Uebergang derjenigen Versuche, welche ACHARD ⁴ bekannt gemacht hat, mögen hier diejenigen kurz erwähnt werden, welche ich selbst ⁵ angestellt habe.

¹ Robison Mech. Phil. II. 33.
² Ebend. p. 35.
³ Naturl. I. 296.
⁴ Mém. de Berlin. 1782. 1783.
⁵ Physical. Abh. I. 251.

t	-5°	0°	5°	10°	15°	20°
e	0,22	0,34	0,49	0,80	1,22	1,43.

Der hierzu gebrauchte Alkohol war absoluter, von spec. Gew. = 0,792 bei 16° R. Temperatur.

Ure bediente sich zu seinen Versuchen mit Alkohol des nämlichen Apparates, womit er die Elasticitäten des Wasserdampfes gemessen hatte¹. Das spec. Gew. des angewandten Alkohols war 0,818, und folglich war derselbe kein absoluter, sondern etwas wasserhaltig. Die von ihm erhaltenen Resultate auf Grade nach R. und Far. Zolle reducirt sind folgende:

t	e	t	e	t	e	t	e
0,00	0,38	34,22	5,75	65,78	31,85	90,67	96,50
3,56	0,53	36,89	6,75	66,78	33,75	91,56	100,0
5,78	0,66	39,11	7,60	68,12	36,40	92,44	104,2
8,00	0,75	41,88	8,70	70,22	40,20	94,22	110,7
10,22	0,93	43,56	10,00	71,68	43,14	95,56	114,3
12,44	1,10	45,78	11,50	72,93	46,76	96,00	118,0
14,67	1,40	48,00	13,00	74,67	49,61	96,50	122,3
16,89	1,65	50,22	15,00	76,88	56,30	96,89	123,2
19,11	1,95	52,44	17,00	79,11	61,00	97,78	128,6
21,88	2,30	54,67	19,00	80,89	65,02	98,70	134,7
23,56	2,78	56,89	21,20	81,78	68,00	100,57	142,2
25,78	3,20	59,11	24,00	83,56	73,61	101,33	145,2
28,00	3,65	61,33	26,50	85,71	82,00	102,22	151,4
30,22	4,25	62,67	28,15	88,00	87,36	103,11	155,8
32,44	4,95	64,90	30,85	88,89	91,00		

Ure wendet seine, für die Elasticität der Wasserdämpfe gefundene Formel auch auf diese Resultate an. Der Siedepunkt ist nämlich bei 174° F., und diesem gehört eine Quecksilberhöhe von 30 Z. e. an. Geht man statt dessen, wie oben bei der Formel für die Wasserdämpfe von 170° F. und 28,3 Z. Quecksilberhöhe aus, dividirt diese Gröfse durch diejenige, welche zu 160° F. gehört, nämlich 22,46, so ist $\frac{28,3}{22,46} = 1,26$ die

jenige Gröfse, um welche die Elasticität der Alkoholdämpfe für 10° F. wächst oder abnimmt; und welche also um 0,018 wachsend oder abnehmend die Gröfse 28,3 dividiren oder mul-

¹ Phil. Tr. 1818. p. 859.

iciren muß, wenn man die Elasticität von 10 zu 10 Graden finden will. So ist z. B.

für 180° F.; $28,3 \times (1,26 - 0,011) = 35,35$;

für 190° F. ist $(28,3 \times 1,26 - 0,011)$

$\times (1,26 - 0,022) = 43,76$; und eben so ist für 200° F.; $(28,3 : 1,26) : (1,26 + 0,011) = 17,7$ u. s. w. welches indess nur bis so weit nahe genau ausreicht, als die Beobachtungen gehen.

Eine Vergleichung dieser verschiedenen Resultate ergibt, daß die Versuche von SCHMIDT und URE sehr genau mit einander übereinstimmen, jedoch sind die durch den letzteren gefundenen Werthe meistens etwas größer, als diejenigen, welche ROXBERGH erhielt. Meine eigenen Beobachtungen stimmen vollkommen mit den durch URE gefundenen Elasticitäten überein, außer für 20° R. gefundene, welche offenbar fehlerhaft ist. ROXBERGH's Resultate haben das Eigenthümliche, daß das für 65°,78 Grad gefundene mit dem durch URE gefundenen übereinstimmen, die für niedrigeren Temperaturen aber zu klein, die für höheren zu groß sind, wenn wir die von URE gefundenen als richtigen ansehen. Die durch WATT gefundenen Elasticitäten stimmen in den niederen Temperaturen sehr gut mit den durch SCHMIDT gefundenen überein, bleiben aber in den höheren hinter diesen, und also noch mehr hinter denen von URE zurück. Im Ganzen sind indess die Differenzen dieser sämtlichen Versuche nicht so bedeutend, daß in der zu großen Abweichung derselben von einander ein Hinderniß liegen sollte, ein allgemeines Gesetz auch für diese Dämpfe aufzusuchen¹. Am besten wird dieses gleichfalls durch die von J. T. MAYER für die Dämpfe überhaupt aufgefundene Formel ausgedrückt, aus welcher man die Constanten aus den Beobachtungen bestimmt. Die folgende Tabelle enthält daher unter e die hiernach berechneten Elasticitäten, unter e' die durch URE aus Beobachtungen

¹ v. Yelin hat den Siedepunct des absoluten Alkohol von 0,791 bei 26,6805 Barom. 61°,8 R. gefunden; welches den Beobachtungen URE's sehr nahe kommt. Nach der berechneten Tabelle liegt derselbe der gewöhnlichen Bestimmung nach zwischen 63° bis 64° R. Kastner's Archiv III. 377.

gefundenen nach einer einfachen Interpolation zur Ver-
weitläufiger Rechnungen, beides nach Graden der acht
Scale = t und in Pariser Zollen der Quecksilberhöhe,
lich giebt die Zahl der Atmosphären an, denen diese
gleichkommt ¹.

t	e	e'	a	t	e	e'
— 30	0,0153	—	—	28	3,1265	3,65
— 25	0,0274	—	—	29	3,3529	3,80
— 20	0,0477	—	—	30	3,5938	4,00
— 15	0,0808	—	—	31	3,8499	4,13
— 10	0,1336	—	—	32	4,1221	4,26
— 5	0,2157	0,13	—	33	4,4110	4,62
0	0,3406	0,35	—	34	4,7068	5,25
1	0,3723	0,39	—	35	5,0431	5,72
2	0,4066	0,43	—	36	5,3881	6,25
3	0,4437	0,48	—	37	5,7505	6,58
4	0,4837	0,56	—	38	6,1410	6,75
5	0,5270	0,62	—	39	6,5514	7,20
6	0,5738	0,68	—	40	6,9960	7,62
7	0,6241	0,71	—	41	7,4445	8,00
8	0,6785	0,75	—	42	7,9483	8,48
9	0,7370	0,83	—	43	8,4431	9,00
10	0,8000	0,92	—	44	8,9850	10,25
11	0,8678	0,97	—	45	9,5578	10,83
12	0,9406	1,02	0,034	46	10,162	11,20
13	1,0190	1,20	0,036	47	10,799	11,88
14	1,1027	1,37	0,039	48	11,472	13,00
15	1,1929	1,43	0,043	49	12,180	13,78
16	1,2895	1,50	0,046	50	12,937	14,21
17	1,3931	1,68	0,049	51	13,714	15,30
18	1,5040	1,75	0,054	52	14,542	16,56
19	1,6224	1,88	0,058	53	15,414	17,41
20	1,7495	1,96	0,062	54	16,331	18,50
21	1,8895	2,00	0,067	55	17,295	19,85
22	2,0301	2,35	0,072	56	18,308	20,00
23	2,1848	2,50	0,078	57	19,374	21,11
24	2,3499	2,86	0,084	58	20,493	22,30
25	2,5260	2,98	0,090	59	21,663	23,60
26	2,7136	3,20	0,097	60	22,989	24,70
27	2,9135	3,41	0,104	61	24,195	25,87

¹ Für die höchsten Temperaturen sind die berechneten
ten beträchtlich größer als die beobachteten, welches ent-
Folge der unrichtigen Bestimmung der Constanten ist, oder
der vom Ure gebrachte Alkohol kein absoluter war.

t	e	e'	a	t	e	e'	a
62	25,552	27,80	0,912	74	47,797	48,25	1,707
63	26,975	28,75	0,963	75	50,244	51,00	1,794
64	28,467	29,80	1,016	80	64,768	63,25	2,313
65	30,030	30,90	1,072	85	81,304	78,61	2,903
66	31,666	32,00	1,130	90	102,24	94,50	3,650
67	33,380	33,85	1,192	95	127,65	112,3	4,550
68	35,174	35,90	1,256	100	158,30	138,7	5,650
69	37,051	37,75	1,323	120	351,73	—	12,56
70	39,014	39,80	1,393	140	716,35	—	25,58
71	41,161	41,25	1,470	160	1355,9	—	48,40
72	43,220	43,54	1,543	180	2411,7	—	86,10
73	45,455	46,50	1,623	200	4066,9	—	145,2

C. Schwefelätherdampf.

Ueber die Elasticität des Aetherdampfes sind mir, außer von ZIEGLER¹, keine ältere Versuchsreihen bekannt, da verschiedene einzelne Beobachtungen für mittlere Temperaturen. Die wichtigsten derselben, in einer Uebersicht zusammengestellt, sind folgende:

t. R.	—	e. Par. Z.	—	Beobachter
10°,0	—	12,500	—	VAN MARUM ²
12,0	—	11,562	—	GAY-LÜSSAC ³
14,5	—	13,110	—	BIOT ⁴
17,0	—	14,000	—	DALTON ⁵
18,0	—	16,750	—	SAUSSÜRE ⁶
9,12	—	3,154	—	DESPRETZ
9,65	—	4,891	—	DESPRETZ ⁷ .

¹ diese Versuche wurden auf gleiche Weise angestellt, nämlich mittelst einer geringen Quantität Schwefeläthers, welcher in das torricellische Vacuum gebracht war. Der von Despretz gebrauchte Apparat wird unten bei der Untersuchung der

¹ a. a. O.

² G. I. 153.

³ Ebend. XXIX. 115.

⁴ Ebend. XXV. 431.

⁵ Ebend. XV. 23.

⁶ Ebend. XXIX. 125.

⁷ Ann. Ch. Ph. XXI. 149.

Dichtigkeit der Dämpfe beschrieben werden, die Resultate sind auffallend zu klein.

DALTON's Versuche, welche nach der Beschaffenheit des gebrauchten Apparates keine genauen Resultate geben konnten, veranlafsten J. T. MAYER¹ mit einem ähnlichen, aber verbesserten Apparate gleichfalls einige Beobachtungen über die Elasticität der Aetherdämpfe anzustellen. Letzterer bediente sich nämlich einer heberförmig gekrümmten Barometeröhre, welche mit Quecksilber gefüllt, in deren kürzeren Schenkel er über dem Quecksilber etwas Schwefeläther gofs, und ihn demnächst mit einem Kork ohne rückbleibende Luft genau verschlofs. In dem längeren Schenkel wurde dann nach DALTON's Methode an einer Lampe zugeschmolzen, und die Elasticität des Dampfes nach der Zusammendrückung der Luft in demselben bestimmt, nachdem der kürzere Schenkel in Wasser von bestimmter Temperatur gesenkt war. Eine Zusammenstellung einiger durch MAYER und durch DALTON erhaltener Resultate zeigen eine ganz ungewöhnliche Abweichung von einander. Es bezeichnen zu Ende t die Temperaturen nach R., e die Elasticitäten nach MAYER, e' nach DALTON, beide in Par. Zollen, Δ die Differenzen beider.

t	e	e'	Δ	t	e	e'	Δ
13,3	12,03	11,90	— 1,13	60,0	96,35	79,66	— 16,69
17,0	14,60	—	—	65,0	116,0	91,54	— 24,46
50,0	64,97	58,68	— 6,29	70,0	137,2	103,8	— 33,40
51,1	68,00	60,43	— 7,57	75,0	165,0	116,1	— 48,90
55,0	78,72	68,60	— 10,12	80,0	193,3	128,2	— 65,10

Sowohl die Abweichungen dieser, mit ähnlichen Apparaten erhaltenen Resultate, als auch insbesondere die grossen Elasticitäten, welche MAYER auf diese Weise gefunden hat, sind sehr auffallend. Ob Letzteres daraus mindestens zum Theil erklärbar sey, dafs nach meinen wiederholten Beobachtungen allezeit eine gewisse Menge Luft durch Wärme aus dem Aether entbunden wird, läfst sich nicht mit Sicherheit ausmitteln. Etwas schwierig bleibt es allezeit, die Elasticität aus der Compression der Luft über dem Quecksilber zu bestimmen. Hierzu kommt noch

¹ de vi elast. vap. p. 17.

Umstand, daß der von beiden gebrauchte Schwefeläther nicht absolut rein war.

Die neuesten Versuche über die Elasticität des Aetherdampfes sind von URE¹ mit seinem, oben bei der Untersuchung der Elasticität der Wasserdämpfe beschriebenen Apparate gestellt. Mit einer Sorte Aether wurden die acht ersten, mit der zweiten die folgende Elasticitäten erhalten, und beide zusammen gaben folgende, auf t Grade R. und e in Pariser Zoll-reducirte Werthe.

t	e	t	e	t	e	t	e
0,89	6,0	32,44	28,1	50,22	58,5	65,78	101,8
5,33	7,6	34,22	30,5	52,44	63,5	68,00	109,0
9,78	9,6	36,89	33,6	54,67	69,0	70,22	117,3
14,22	12,2	39,11	37,0	56,89	75,3	72,44	126,5
18,67	15,1	41,33	40,8	59,11	81,0	74,67	134,0
23,11	18,8	43,56	43,5	61,33	87,0	78,22	141,8
27,56	23,2	45,78	47,8	63,56	93,0	79,11	156,0
32,00	18,1	48,00	53,5				

Er wendet auf diese Beobachtungen seine für die Elasticität der Wasserdämpfe gefundene Formel gleichfalls an, indem er 104° F. = 32° R. den Siedepunct bei 30 engl. Z. Barometerhöhe findet, und den um 0,01 wachsenden oder abnehmenden Coefficienten = 1,22 womit diese Gröfse für 10° F. unter 0 Temperatur dividirt, für 10° F. über derselben aber multiplicirt werden muß, um die zugehörige Elasticität in engl. Zoll zu erhalten. Hiernach ist für t = 94° F. $e = \frac{30}{1,22}$ Z.,

für 84° F. $e = \frac{30}{1,22 \times 1,23}$ Z. u. s. w.; für 114° aber ist

$e = 30 \times 1,22$ Z. für 124° ist $e = 30 \times 1,22 \times 1,21$ Z. u.

s. w. Hierbei stimmen die durch Rechnung erhaltenen Werthe mit den durch die Beobachtung gefundenen genau genug überein, die Formel selbst aber ist oben schon gewürdigt, und kann nicht für allgemein gültig angesehen werden. Außerdem aber sieht sich URE, wie er selbst sagt, des in den Officinen käuflichen Aethers bedient, und daher den Siedepunct der einen Art

¹ Phil. Tr. 1818. p. 359.

bei 40° , der andern aber bei $40^{\circ},56$ C. gefunden. Nach DE LIEGT derselbe bei 55° C., nach BRIOT ² siedet Aether von sp. Gew. bei 9° C. äußerer Temperatur und $0^m,76$ Bar Höhe gewogen bei $37^{\circ},8$ C.; meistens nimmt man im Mittel an. Ich selbst habe in wiederholten Versuchen den Siedepunct des reinen Aethers von $0,711$ spec. Gew. bei 10° R. und 28 Z. Barometerhöhe gewogen = $36,6$ C. gefunden halte diese GröÙe für richtiger, als die von DESPRETZ bene, weil man durch das leichte Aufwallen und die groÙe Dampfbarkeit des Aethers den Siedepunct desselben leicht zu niedrig findet. Auf allen Fall aber ist es außer Streif der von URE gebrauchte Aether unrein, d. h. Alkoholhaltig und so sind alle von ihm gefundenen Elasticitäten bei zu niedrig, indem dieser Einfluß des Alkohols auf die Elasticität des Schwefeläthers durch GAY-LÜSSAC ³ nachgewiesen, und mir ⁴ in einer groÙen Reihe von Versuchen gleichfalls bestätigt worden ist.

Bei meinen Versuchen über die Dichtigkeit des Aetherdampfes habe ich selbst wiederholt Versuche über die Elasticität des Aetherdampfes auf die Weise angestellt ⁵, daß ich eine kleine Quantität reinen Schwefeläther in den torricellischen Raum eines gut ausgekochten Barometers brachte, und bei vorsichtiger Erwärmung die Depression der Quecksilbersäule mit der erzeugten Dämpfe nach einem andern Barometer bestimmt. Weder durch dieses Verfahren, noch auch durch ein besseres bekanntes, indem ich nämlich eine Quantität Aether in eine Campana einer Luftpumpe setzte und exantlirte, konnte ich durch ihre Uebereinstimmung mir selbst genügende Resultate erhalten. Weit wichtiger sind daher zwei genau übereinstimmende Reihen von Beobachtungen, welche G. G. SCHMIDT auf meine Bitte mitzutheilen die Güte hatte, indem sich diesem eben so umsichtigen als geübten Experimentator die neuesten Resultate erwarten lassen. Sie reichen indessen

¹ Traité. 116.

² Traité. I. 534.

³ G. XXXV. 431.

⁴ Physical. Abh. p. 263.

⁵ Vergl. Phys. Abh. p. 298. ff.

an den Siedepunct des Aethers, und bleiben in den höherem Temperaturen hinter der wirklichen Elasticität etwas zurück, wenn man den Siedepunct des reinen Aethers um nahe annimmt. Für die, vom Siedepuncte nicht weit entfernten Grade kommen dagegen die durch meine eigenen Vermittelung mit dem angegebenen Apparate erhaltenen Resultate der Elasticität ungleich näher, wenn sie gleich für die niederen Temperaturen sämtlich zu hoch gefunden sind. Um indess auch höhere Grade die Elasticitäten des Schwefelätherdampfes zu erhalten, bediente ich mich des folgenden, dem Dalton-ähnlichen Apparates. An eine 1,25 Lin. weite, unten offene Barometerröhre wurde ein starkes Gefäß, wie an das Laschenbarometer, angeblasen, dann so viel Quecksilber hineingeschossen, bis das Gefäß etwas über die Hälfte erfüllt war. Die obere Hälfte des Gefäßes goß ich voll Schwefeläther, ließ es zur Entfernung der etwa eingeschlossenen Luft gegen eine Flamme sieden, und verschloß dann die Oeffnung mit einem gut eingesetzten Korke, schnitt dessen außen hervorstehendes Ende ab, klebte die so verstopfte Mündung mit einem Kitt aus Blei- und Leinölfirnis und einer übergebundenen Thierblase, um das alles durch umwickelten Bindfaden, und überzog das Gefäß mit Bernsteinfirnis. Diesen Apparat befestigte ich auf einer Stange, welche für die Veränderung des Niveau's des Quecksilbers im Gefäße eingerichtet war, senkte das untere Ende der Röhre zusammen mit dem Gefäße in einen Becher mit Wasser, und erhitzte dieses durch eine untergesetzte Lampe, und indem zwei Beobachter der eine das dicht neben dem Gefäße mit der Röhre gleichfalls im Wasser befindliche Thermometer beobachtete, während der andere die Höhe der Quecksilbersäule ablas. Der obere Schenkel des Barometers war oben abgeschliffen, um an denselben eine Röhre, und auf diese abermals eine von gleicher Dicke und Weite vermittelst etwas Kitt und umgewundene Thierblase aufzusetzen, so daß also die Quecksilberhöhe abgelesen werden konnte, wozu die jedesmalige Barometerelevation hinzuaddirt werden mußte. Obgleich es mühsam und langweilig war, die Beobachtungen des Thermometers und der Quecksilbersäule anderthalb Stunden lang ohne Unterbrechung fortzusetzen, so wurde dennoch diese Zeit darauf verwendet, indem die den einzelnen Graden des Thermometers zu-

Dampf.

den Quecksilberhöhen zuerst bei zunehmender, und dann abnehmender Temperatur aufgezeichnet, und aus beiden arithmetische Mittel genommen wurde. Das zur Erwärmung dienende Wasser in Gefäßen zeigte sich durch seine Unreinheit wegen minder brauchbar, und ich verteilte daher bei einem zweiten Versuche mit Olivenöl. Aus den doppelten Versuchsreihen und aus den von G. G. Schmidt erhaltenen Beobachtungen wählte ich die übereinstimmendsten und wahrscheinlich genauesten Resultate zur Bestimmung der Coefficienten in der Mayer'schen Formel, und erhielt hi

$$\log. e = 3,7818278 + \log. (213 + t) - \frac{1}{2}$$

Die nachfolgende Tabelle enthält die nach dieser Formel berechneten Grade nach R. erhaltenen Elasticitäten = e, die in meinen eigenen Versuchen gefundenen unter e' und durch Schmidt erhaltenen unter e''.

t	e	e'	e''	t	e	e'
— 30	0,619	—	—	16	13,96	—
— 25	0,932	—	—	17	14,74	—
— 20	1,376	—	—	18	15,56	—
— 15	1,992	—	—	19	16,41	—
— 10	2,836	—	—	20	17,31	—
— 5	3,970	—	—	21	18,24	—
— 4	4,288	—	—	22	19,22	20,4
— 3	4,522	—	—	23	20,24	21,0
— 2	4,822	—	—	24	21,31	21,8
— 1	5,138	—	—	25	22,42	22,2
0	5,473	—	—	26	23,58	22,9
+ 1	5,826	—	—	27	24,79	23,8
2	6,198	—	—	28	26,06	24,2
3	6,590	8,00	—	29	27,38	25,9
4	7,002	8,40	—	30	28,75	26,9
5	7,439	8,70	—	31	30,18	31,8
6	7,897	9,37	—	32	31,67	33,2
7	8,378	9,81	—	33	33,22	35,1
8	8,861	10,2	8,98	34	34,83	37,2
9	9,418	10,9	9,60	35	36,51	38,4
10	9,978	11,5	9,78	36	38,26	39,8
11	10,56	12,0	10,4	37	40,07	41,8
12	11,18	12,6	10,5	38	41,96	42,5
13	11,82	13,4	11,5	39	43,92	44,6
14	12,50	14,0	12,4	40	45,95	46,2
15	13,21	14,6	12,6	41	48,06	48,3

e	e'	t	e	e'
50,26	50,3	60	106,8	104,5
52,53	53,5	61	110,6	108,1
54,89	55,38	62	114,9	112,3
57,34	57,48	63	116,9	—
59,87	59,85	64	124,0	—
62,51	62,85	65	128,8	—
65,23	65,20	66	133,7	—
68,05	67,70	67	138,8	—
70,91	70,65	68	144,1	—
74,00	74,00	69	149,5	—
77,13	76,40	70	155,0	—
80,37	79,12	75	185,4	—
83,72	82,00	80	220,5	—
85,20	84,45	85	260,8	—
90,77	88,05	90	306,8	—
94,47	92,50	95	367,6	—
98,30	96,50	100	418,6	—
102,2	100,5	200	4239	—

mel gleicht die unvermeidlichen Fehler der Versuche anscheinend nach sehr gut aus, und stimmt mit denselben wenig zusammen, scheint jedoch für höhere Temperatur-Elasticitäten etwas grösser zu geben, als sie wahrscheinlich Versuche richtiger gefunden werden würden, vielmehr wegen, weil bei Schwefelätherdampf derjenige Umbruch früher eintritt, welcher oben hinsichtlich der Wärme angegeben ist, nämlich daß sie wegen grösserer Ausdehnung durch Wärme den Bedingungen der tropfbaren Flüssigkeiten nähern. Die Uebereinstimmung der durch die Formel erhaltenen mit denen durch Versuche gefundenen geht übrigens aus der Vergleichung mit den nebenstehenden Resultaten als auch aus der folgenden. J. T. MAYER fand für 80° Elasticität von 193 Z.; die Formel giebt 220 Z., also als dieselbe aus der Compression der Luft gefunden sei jedoch berücksichtigt werden muß, daß der von gebrauchte Aether kein absoluter war, und somit die Elasticität etwas geringer gefunden werden mußte, als die Temperatur des absoluten Aethers angiebt. CAGNIARD dagegen will auf die nämliche Weise bei 128° R.

eine Elasticität des Aetherdampfes von 37 Atmosphären 1036 Z. gefunden haben, welche Angabe nach jenen Beobachtungen nothwendig falsch seyn muß.

D. Petroleumdampf.

Ueber die Dämpfe sonstiger Flüssigkeiten haben wir gar keine Versuche, auch gewähren dieselben nur ein geblöß wissenschaftliches Interesse. Außer ZRELLER hat URE die Elasticitäten der Dämpfe des Petroleum gemessen die folgenden, auf gleiche Weise reducirten Werthe erl
nämlich e in Par. Zollen und t in Graden nach R.

t	e	t	e	t	e	t
126,22	28,2	134,67	36,3	143,56	47,1	151,11
128,00	29,7	136,89	39,1	145,78	49,9	152,44
130,22	31,8	139,11	41,3	148,00	53,4	
132,44	34,1	141,33	43,9	150,22	57,0	

Der Siedepunct des Petroleum liegt hiernach etwas 320° F. Wird Ure's allgemeine Formel auch auf diese D angewandt, so gehört zu 320° F. eine Elasticität von 31,7 Zollen, und der hierbei unveränderliche Factor, womit GröÙe für je 10° F. multiplicirt oder dividirt werden um die Elasticität in engl. Zollen zu erhalten, ist 1,14. nach ist also für $n \times 10^{\circ}$ F. über 320° die Elasticität Dampfes $= 31,7 \times 1,14^n$ in engl. Zollen, und für $n \times 1$ unter 320° ist $e = 31,7 : 1,14^n$, welches allerdings innerhalb der Grenzen der Beobachtungen mit diesen sehr genau übereinstimmt.

E. Terpentinspiritus - Dampf.

Auf ganz gleiche Weise hat URE auch mit Terpentinöl suche angestellt, und folgende einander zugehörige Werthe gefunden

t	e	t	e	t	e	t	e
120,89	28,15	128,00	34,70	135,11	42,28	141,33	50,
122,52	30,45	128,89	35,48	136,89	44,30	143,11	53,
123,56	31,35	130,67	37,70	138,22	46,28	144,44	55,
125,78	33,15	132,44	39,40	140,00	48,51	145,78	57,
						146,67	58,

Um auch hierfür nach der allgemeinen Formel die E

ten zu berechnen, geht URE von 310° F. als Normalgröße, welcher Temperatur eine Elasticität von 33,5 engl. Z. zugehört, und der unveränderliche Factor, womit diese Größe multiplicirt oder dividirt wird, um für je 10° F. über oder unter diesem Punkte die Elasticitäten zu finden, ist 1,22. Also ist $n \times 10^{\circ}$ F. über 310° die Elasticität des Dampfes von Ter-
tinspiritus $= 33,5 \times 1,22^n$, und auf gleiche Weise für $c 10^{\circ}$ unter 310° F. ist sie $33,5 : 1,22^n$ in engl. Zollen.

F. Schwefelkohlenstoffdampf.

Hierüber haben wir einige Versuche von DESPRETZ, mit dem zunächst zur Auffindung der Dichtigkeiten der Dämpfe construirten Apparate¹ angestellt². Für Grade der achtzig-
l. Scale fand er folgende Elasticitäten in Par. Zollen

$t = 11^{\circ},82$ gab $e = 4,897$	$t = 12,69$ gab $e = 7,671$
$t = 12,21$ — $e = 3,069$	$t = 13,29$ — $e = 2,845$
$t = 12,25$ — $e = 2,641$	

Nach BERZELIUS und MARCET ist die Elasticität dieses Dampfes bei $9^{\circ},6$ R. $= 7,36$ Z., nach CLÜZEL bei $18^{\circ} = 11,8$ Z., die Bestimmungen besser übereinstimmen³. Da wir keine vergleichbare andere Versuche haben, so läßt sich über diese Elasticitäten nichts weiter sagen; aber auffallend ist die geringe Übereinstimmung der durch DESPRETZ gefundenen Größen mit einander, und daß mit einer einzigen Ausnahme die geringsten Elasticitäten den höchsten Temperaturen zugehören.

Nach über die Elasticitäten der Dämpfe von noch anderen Substanzen besitzen wir allerdings noch Versuche, namentlich von DALTON über *liquides Ammoniak* und *liquiden salzsauren Dampf*. Weil dieser Beobachter indess bei allen das von ihm aufgestellte Gesetz bestätigt gefunden haben will, welches durch spätere sehr genaue Versuche der geübtesten Physiker für falsch erkannt ist, so verdienen sie zu wenig Zutrauen, und werden daher am besten mit Stillschweigen übergangen.

Endlich ist schon bemerkt, daß von vielen andern Substanzen, namentlich vom Quecksilber stets und von vielen an-

¹ Vergl. *Dichtigkeit d. Wasserdampfes*.

Ann. Ch. Ph. XXI. 147. Traité. 123.

S. Gmelin Chemie. I. 212.

den Metallen unter geeigneten Umständen Dämpfe werden¹; allein die Elasticität derselben ist in mittl. höheren, bei einigen wahrscheinlich selbst noch in den höchsten Temperaturen so geringe, daß sie durch die bis kannten Mittel auf keine Weise gemessen werden kann.

3. Dichtigkeit der Dämpfe.

Ueber die Dichtigkeit der Dämpfe der verschiedenen ist bis jetzt kein allgemeines, alles umfassendes Gesetz aufgefunden, und man muß diese daher für jeden Dampf besonders bestimmen. Indeß kann man im Ganzen gültige Regel annehmen, daß die Dämpfe der besten verdampfbarsten Flüssigkeiten die dichtesten sind, wegen es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Dichtigkeit der Dämpfe des Quecksilbers und der anderen Metalle aufzufinden. Dabei versteht es sich von selbst, bei der Bestimmung der Dichtigkeit der Dämpfe nur diejenigen die Rede seyn kann, *welche sich im Maximo befinden*, wie dieses oben näher angegeben ist. Wird ein mit solchem Dampfe erfüllter Raum ohne Erhöhung der Temperatur verkleinert, so geht ein Theil des Dampfes in den Zustand der tropfbarsten Flüssigkeit über, wird aber wieder flüchtig, sobald die Temperatur zunimmt. Hieraus ergibt sich einestheils, daß die Dichtigkeit der Dämpfe eine Function der Wärme ist, andernteils aber folgt daraus von selbst, daß die Dichtigkeit der Dämpfe im Maximo aus der Quantität der Flüssigkeit bestimmt werden muß, welche bei einer gegebenen Temperatur einen gegebenen Raum im Zustande völliger Sättigung erfüllt. Wird dieser Raum dann vergrößert, oder mit Vermehrung der Wärme, so muß der Dampf, als gasförmige Flüssigkeit, ihn erfüllen, bleibt aber dann nicht im Maximo der Dichtigkeit oder im Zustande der Sättigung. Es ist auch für sich klar, daß die Dichtigkeit der Dämpfe mit den Temperaturen wächst, weil bei unveränderter und abnehmender Wärme, ein Theil des Dampfes seinen gasförmigen Zustand verliert und tropfbar flüssig wird².

¹ Vergl. *Verdunstung*.

² Dieser eigenthümliche Charakter der Dämpfe wird

A. Wasserdampf.

In den früheren Zeiten hat man ausschliesslich nur die Dichtigkeit des Wasserdampfes untersucht, theils wegen der Dampfmaschinen, theils zur Erklärung der Hydrometeore; allein die Angaben sind meistens ganz unbestimmt, weil auf die Temperatur keine Rücksicht genommen ist. Hierhin gehört die Bestimmung BRANDER's auf seinen Hygrometern, wonach bei 2° derselben 3 gr. Wasserdampf in einem Kubikfusse Luft enthalten seyn sollen. WALLERIUS ERICSON¹ suchte die Dichtigkeit des Wasserdampfes aus der Menge des Wassers zu finden, welches unter einer grossen Campana verdunstete. Am meisten zu merken behielt lange Zeit die Angabe von MUSSCHENBROEK², welcher vermuthlich aus eigenen Versuchen, indem er einen Tropfen Wasser in einem gläsernen Ballon verdampfen, und dem Quecksilber zutreten liess, wobei der zurückbleibende mit Wasser gefüllte Raum die Ausdehnung des Dampfes bestimmte, die Dichtigkeit desselben bei der Siedehitze 0,000071428 gegen Wasser als Einheit genommen bestimmte, nach also der Dampf 14000 mal dünner als Wasser oder 18 mal dünner als Luft seyn sollte. Man erkennt bald, dass die Vernachlässigung des vom Quecksilber aufgenommenen Wassers hierbei unrichtige Resultate erzeugen musste. Indess hat man diese Angabe von NIEUWETYT, DESAGÜLIERS, nachzuahmen, welche Dr. BRIGHTON an einer Dampfmaschine an-

nimmt, indem man zugleich annimmt, dass die Wärme die Dämpfe, wie die Gasarten, ausdehne. Genau genommen darf man nur sagen, sie vermehre ihre Elasticität; denn wenn man neben der Wärme die Zusammendrückung der Dämpfe vermehrt, so werden sie dann dichter, und keineswegs dünner werden, welches auch das eigentlich Richtige ist, da bei den Bestimmungen über die Dämpfe im Allgemeinen von solchen die Rede seyn kann, welche sich im Maximo ihrer Dichtigkeit befinden, oder im Zustande der Sättigung. Falsch ist es daher, wenn nach BAISSON *Traité élém. de Phys.* II. 197 der gewöhnliche Wasserdampf 1200 bis 1400 mal, der des siedenden Wassers aber 324 mal leichter seyn soll als Wasser, desgleichen dass nach GILBERT an. XXI. 425. der Dampf in niederen Temperaturen für spec. schwerer als in höheren ausgegeben wird.

1 Schwed. Abh. II. 27.

2 Introd. §. 1471.

stellte¹, KAMES², DAVISON³ u. v. a. wiederholt, auch schon GRAYMANDE⁴, daß die Ausdehnung des Wasserdampfes die des Wassers um mehr als 14000 mal übertrifft; bei⁵ er ohne Zweifel den nämlichen Beobachtungen folgt, gleich näher der Wahrheit kommt die Bestimmung durch WATT⁶, welcher auch anderweitig als seiner Beobachtung bekannt ist. Dieser giebt aus der Verdunstung des Wassers Inhalt eines Kubikfußes zu 342 grains an, und indem gleich das Gewicht der Luft = 640 grains findet, so giebt es ein Verhältniß von 0,53487 : 1 oder von nahe 11 den neuesten Bestimmungen ziemlich nahe kommend. In⁷ andern Stelle⁸ behauptet derselbe, daß die Luft $\frac{2}{3}$ Gewichtes an Wasserpartikeln aufnähme, welche zwar elastisch seyn sollen, aber doch nicht füglich für etwas als Dampf gelten können. Genau genommen sind indessen Bestimmungen viel zu groß, weil nach ihnen die Luft bei⁹ lerer Wärme und gewöhnlichem Drucke nahe 0,5 oder ihres Gewichtes an Wasserdampf enthalten müßte, was unmöglich ist. Eine der bekanntesten Angaben über die Dichtigkeit des Wasserdampfes ist die von WATT, wonach derselbe ohngefähr halb so dünn als Luft, also 1600 mal dünner Wasser seyn soll⁷. WATT beschreibt selbst den unvollkommenen Apparat, womit er dieses Resultat erhielt⁸. Er nahm nämlich eine einfache Phiole mit Wasserdampf bei der Hitze und dann mit Wasser, verglich beider Gewichte, fand das Verhältniß derselben = 1 : 1800, ja er glaubte, daß der Wasserdampf eher noch leichter seyn könnte, als angegeben ist, wonach sein Verhältniß zu Luft bei mittl. Barometerstande nahe = 10 : 23 seyn würde. Auch waren der Meinung, die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei

¹ Phil. Tr. N. 407. Robison Mech. Phil. II. 67.

² v. Crell chem. Ann. 1784. II. 55.

³ Traité élém. de Phys. II. 197.

⁴ Phys. Klem. II. 537.

⁵ Mém. de Berlin. 1769. p. 68 ff. 1772. p. 96 ff.

⁶ Ebend. 1768. p. 70.

⁷ Gött. Mag. Jahrg. III. St. II. p. 223.

⁸ Robison Mech. Phil. II. 115.

Siedehitze sey noch geringer, als hier angegeben ist. Rumford¹ unter andern sagt, sie betrage nur den 2000, nach dem den 10000^{sten} Theil der Dichtigkeit des Wassers, und Mason² giebt gleichfalls $\frac{1}{2000}$ ^{stel} als die richtige Bestimmung. Rumford's Bestimmungen sind wahrscheinlich aus der Encyclopedia Britannica genommen, worin die Dichtigkeit wie 10000, im Supplementbände jedoch nur nach Watt wie 1800 gegen Wasser genommen wird. Späterhin erkannte man sehr wohl, daß der bei geringerer Wärme, als der Siedehitze gebildete Dampf ungleich dünner seyn müsse, und indem man für seine Dichtigkeit bei dieser Temperatur die Bestimmung Lavoisier's im Allgemeinen beibehielt, suchte man dieselbe für niedrigere Temperaturen zur Erklärung der Hydrometeore aufzuheben. Die Resultate dieser Bemühungen sind indess sehr verschieden. Auffallend zu klein ist eine Angabe von de Luc³, der von Watt's Bestimmung der Dichtigkeit des Wasserdampfes bei der Siedehitze ausgeht, und hiernach dieselbe für 4 R. = 0,0000099 annimmt, die des Wassers = 1 gesetzt. ungleich, aber im Ganzen sehr genau sind drei verschiedene Bestimmungen von Saussure. Zuerst fand dieser durch Aufzuehung des Wassers unter einer Campana, daß ein Kub. Fuß bei 15° R. 11,096 grains Wasser aufzunehmen vernag⁴, was berechnet 0,000017125 gegen Wasser beim Punkte seiner größten Dichtigkeit giebt. Diese Bestimmung kommt der Wahrheit sehr nahe, weit mehr als wenn man mit Gilbert⁵ die Wahrscheinlichkeit 12,28 grains annimmt, welches 0,0000190 geben würde. Nach den beiden andern Angaben nämlich Physikers⁶ enthält ein Kubikfuß Luft bei 4°,75 4605, und bei 6°,18 R. 5,6549 grains Wasserdampf, wovon jenes eine Dichtigkeit = 0,0000084614 . . . dieses aber 0,000008763 . . . giebt, beide der Wahrheit sehr nahe kommen, jedoch etwas zu groß, wie aus einer Vergleichung mit

G. IV. 398.

Mech. Phil. II. 11.

Gren. J. II. 426.

Versuche über Hygrom. d. Ueb. Leipz. 1784. p. 128 — 146.

Ann. XV. 52.

Ebend.

den in der unten folgenden Tabelle enthaltenen Größen vorgeht. Nach zwei Angaben von H. DAVY ¹ soll die Luft 8° R. $\frac{1}{10}$ stel ihres Volumens und $\frac{1}{7}$ ihres Gewichtes, bei 30° R. aber $\frac{1}{4}$ stel ihres Volumens und $\frac{1}{2}$ stel ihres Gewichtes Wasserdampf enthalten. Die doppelten Bestimmungen lassen sich bei der Berechnung nicht genau vereinigen, und es ist hier am besten, nur die eine, nämlich das Gewicht hierbei Grunde zu legen, obgleich wegen mangelnder Angabe des Barometerstandes keine völlig genaue Berechnung möglich ist. Nimmt man aber einen mittleren Barometerstand, und hier die Dichtigkeit der Luft gegen Wasser = 0,0013 an, und corrigirt für die angegebene Temperatur, so giebt die erstere Bestimmung 0,000016665 . . . die letztere 0,00005288, wo die erste um das Doppelte zu groß, die zweite aber der Wahrheit sehr nahe kommend ist. Um ein Merkliches zu groß ist DALTON's ² Angabe, wonach der Dampf 0,7 der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft gleich kommen soll, was 0,0008974 . . . gegen Wasser geben würde. Daß hierbei Dämpfe des siedenden Wassers die Rede sey, kann daraus folgert werden, daß DALTON sich auf die Angabe von VALENTIN ³ beruft, aber falsch ist es, wenn er zugleich voraussetzt, daß Dampf behalte auch in niederen Temperaturen diese Dichtigkeit bei. CLÉMENT und DESORMES bestimmten die Dichtigkeit des Wasserdampfes, indem sie Luft durch Wasser aufsteigen ließen, und ihr dann den Dampf, womit sie dieselbe für gesättigt gehalten wurde, durch salzsauren Kalk entzogen, und die Quantität des entzogenen Dampfes durch die Gewichtszunahme des letzteren bestimmten. Danach fanden sie, daß ein Kub. F. Luft bei 10° R. 5,89 Kub. F. Dampf enthalte, welches eine Dichtigkeit = 0,000009127 giebt, die der Wahrheit sehr nahe kommend, jedoch um ein Wenig zu klein, wie daraus leicht erklärlich ist, daß die Luft auf der angegebenen Weise nicht völlig mit Wasserdampf gesättigt werden konnte. G. G. SCHMIDT ³ bediente sich zur Bestimmung der Dichtigkeit des siedendheißen Wasserdampfes eines, dem früher von MUSSCHENBROEK angegebenen ähnlichen Appa-

¹ Elements of agric. Chemistry. cet. Lond. 1810. lect. V.

² G. XXI. 425.

³ Gren N. J. IV. 299.

nlich einer Glaskugel mit einer feinen Spitze, welche voll ist, und dann mit dem aus siedendheißem Dampfe niedergelassenen Wasser und Luft erfüllt gewogen wurde, und fand hernach die Dichtigkeit desselben $= 0,00068027$, nur etwas groß. Gleichfalls um ein Weniges zu groß ist die Angabe des nämlichen Physikers ¹, wonach die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei $17^{\circ},5$ R. $= 0,0000285$ seyn soll. J. T. MAYER ² brachte einen Tropfen Wasser in das torricellische Vacuum, ließ es darin verdampfen, und bestimmte hiernach die Dichtigkeit des Dampfes bei 15° R. $= 0,0000200$, mit den späteren Bestimmungen sehr nahe übereinstimmend.

Alle diese verschiedenen Versuche geben zwar, wenn man die entgegengesetzten Abweichungen ausgleicht, einen nahe an den mittleren Werth, genügen aber keineswegs, um in der über die Dichtigkeiten der Wasserdämpfe aufzustellenden Tabelle die Constanten mit hinlänglicher Genauigkeit zu bestimmen. Es war deswegen ein verdienstliches Unternehmen, J. GAY-LÜSSAC mit einem zweckmäßigen Apparate eine ununterbrochene Reihe von Versuchen zur Auffindung dieses Gesetzes anzustellen ³. Hierzu nahm er das lange und schmale, nach seiner Fig. 116. in der Tabelle graduirte Gefäß B, füllte dasselbe mit Quecksilber und sperrte es in der Quecksilberwanne V V nahm dann kleine, in eine feine Spitze ausgezogene hohle Glaskügelchen α , diese leer, füllte sie mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, schmolz die Spitze an der Lampe zu, wog sie abermals, und bestimmte das Gewicht der darin enthaltenen Flüssigkeit genau zu vergleichen. Er brachte sie unter das sperrende Quecksilber der Wanne, ließ sie in dem langen Gefäße aufsteigen, wodurch also eine bestimmte Quantität der Flüssigkeit in den Raum gebracht wurde. In die Quecksilberwanne senkte er dann eine weitere Röhre M M, füllte diese mit Wasser, setzte den ganzen Apparat auf einen Ofen F F, und wenn dann alles erhitzt wurde, dehnte sich die Flüssigkeit in dem Kügelchen aus, sprengte

¹ Naturl. I. 298.

² Comm. de vi elast. vap. p. 39.

³ Nouveau Bullet. de la Soc. Phil. N. 18. 1809. I. 298. daraus Gehler J. IX. 208. G. XLV. 332. Vollständig bei Biot Traité. 291.

dasselbe, der Raum wurde mit Dampf erfüllt, und das Silber sank herab. Um den Raum, welchen der Dampf einnahm, genau zu messen, setzte er einen Ring von Kupfer auf die Waage, steckte eine graduirte Regel T hinein, deren Spindel die Oberfläche des Quecksilbers genau berührte, worauf die Höhe des Läufers H, nachdem er mit der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäße B einvisirt war, die Höhe des letzteren durch allmähliges Erhitzen des Apparates, und die hiermit einstimrende Bildung des Dampfes und die dadurch bewirkte Depression des Quecksilbers wurde demnachst der Punkt der vollständigen Verdampfung gefunden, worauf dann der Raum, welchen der Dampf einnahm, nach dem jedes Barometerstande corrigirt, und aus der Menge der zur Bildung desselben verwandten Flüssigkeit die Dichtigkeit desselben gefunden wurde. Auf diese Weise fand Gay-Lussac als allgemeines Gesetz, daß die Wasserdämpfe $\frac{1}{8}$ oder genauer $\frac{1}{7}$ der Luft bei gleicher Temperatur und unter gleichem Druck tragen, welches für die Siedehitze 0,0005008 gegen die Dichtigkeit der Luft bei seiner größten Dichtigkeit giebt.

Ohne diese Versuche schon damals genau zu kennen, nahm ich selbst in den Jahren 1813 und 14 eine große Anzahl anderer, welche zu umfassend sind, als daß ich hier die Details derselben übergehen dürfte¹. Hierzu nahm ich ein Gefäß von feinem englischen Glase 155 franz. Kub. Z. haltend, dessen oberen Theile des Halses mit einer messingnen Fassung versehen, auf die Luftpumpe versehen, und mit dem abschließenden Hahne f, um der äußern Luft auch auf die Zeit allen Zugang abzuschließen, und jeden Versuch mehr wiederholen zu können. Aus der Fassung war ein Thermometer so herabgelassen, daß die Kugel desselben a sich möglichst genau im Mittelpunkte des Ballons befand; die Rückseite der Thermometerscale trug aber ein kleines Heberbarometer b, um sowohl beim Exantliren den Grad der Verdünnung und überhaupt das feste Schließen aller Theile zu controliren, als späterhin die Elasticität des eingeschlossenen Dampfes zu messen.

¹ Physicalische Abhandlungen. Gießen 1816. Im Auszuge von Schweigger J. XXII. 1.

chiedenen Temperaturen beiläufig zu messen. Die Flüssigkeit, aus welcher der Dampf gebildet werden sollte, befand sich in kleinen Röhrchen r mit feinen Spitzen, wie in den Versuchen von GAY-LÜSSAC, und diese wurden vermittelt zweier, auf die Enden gesteckter Bleikugeln α, α durch eine Erschütterung des Ballons zerschellt, und so der Ballon mit Dampf gefüllt. Hauptsächlich aber war erforderlich darauf zu achten, daß keine Feuchtigkeit im Ballon blieb. Zu diesem Ende trocknete man denselben sorgfältig, welches bei der ausnehmenden Klarheit des englischen Glases zwar nicht ohne Mühe, aber eben so sicher als vollständig geschehen konnte, exantlirte ihn bis zur Luftverdünnung von 2 bis 0,5 Lin., füllte ihn dann mit Luft, welche über kaustischem Kali getrocknet war, exantlirte abermals, und wiederholte dieses Verfahren wohl zwei bis dreimal, zerschellte dann das Röhrchen, und suchte durch allmähliges, nichtiges Erwärmen diejenige Temperatur zu finden, bei welcher alle Flüssigkeit völlig expandirt war, ohne an den inneren Wänden des Ballons den geringsten, leicht kenntlichen Niederschlag zu bilden. Als Resultat der gesammten Versuche geht gleichfalls hervor, daß die Dichtigkeit der Dämpfe zur Luft unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur eine constante GröÙe sey, welches Verhältniß indess um eine Kleinigkeit größer ist, als das von GAY-LÜSSAC gefundene, nämlich 10 : 15,75, auch nimmt dieses Verhältniß bei höheren Temperaturen zu, wie aus der Natur der Dämpfe von selbst folgt.

Eine Vergleichung beider Versuchsreihen mit einander lehrt mir billigerweise nicht zu, indess unterliegt jede zwei möglichen oder unvermeidlichen Fehlern, die übrigens erforderliche Genauigkeit der Beobachtung und Messung als bei beiden sich vorausgesetzt. Bei der von GAY-LÜSSAC gewählten Methode giebt die das Quecksilber in der Meßröhre herabdrückende Capillardepression den Raum zu groß, und die Erhitzung konnte leicht etwas Luft und Wasser von dem nicht ausgekochten Quecksilber, welches freistehend oder beim Einfüllen in die Röhre etwas Feuchtigkeit und Luft aufnehmen mußte, wieder abbinden, welche beide Ursachen die Dichtigkeit zu geringe geben. Hätte GAY-LÜSSAC aber das Quecksilber vorher in der Röhre ausgekocht, so hätte das Quecksilber etwas Feuchtigkeit ausgesogen, wodurch die Capillardepression mehr als compen-

sirt werden wäre, und er mußte dann das Verhältniß der Dichtigkeit zu groß finden. Beide Fehler bei ihm sind unvermeidlich. Die möglichen Fehler bei meinen Versuchen konnten aus entstehen, wenn etwas feuchte Luft oder Feuchtigkeit im Ballon zurückblieb, wodurch die Dichtigkeit zu klein gefunden werden mußte, oder wenn in der undurchsichtigen Faser des Ballons ein unbemerkter Niederschlag entstand, wodurch sie im Gegentheil zu groß gefunden wäre. Der erstere Fehler ist durch das gewählte Verfahren völlig vermieden, dem zweiten suchte ich dadurch zu begegnen, daß ich die Fassung etwas wärmer erhielt, als den übrigen Ballon, welches an der Blänke des Metalles leicht zu bewerkstelligen war. Ich kam der Genauigkeit der Versuche noch der Umstand entgegen, daß die erhaltenen Gröößen gar keiner Correction durften, und die Messung derselben überhaupt höchst einfach war. Indem ich nämlich den Inhalt des gebrauchten Ballons durch hineingefülltes Wasser bei einer Temperatur von $3^{\circ},5$ bis $4,4^{\circ}$ C. also nahe genau bei seiner größten Dichtigkeit durch Gewicht bestimmte, mit den nämlichen, genau unter einer verglichenen, Gewichtstücken aber die Quantität derselben Flüssigkeit abwog, welche nachher in den Ballon gebracht einer zu suchenden Temperatur denselben mit Dampf im Maximum seiner Dichtigkeit anfüllte; so durfte ich bloß das letztere Gewicht durch das erstere dividiren, um das Verhältniß des Dampfes zum Wasser im Maximum seiner Dichtigkeit unmittelbar zu erhalten. Indem übrigens die Resultate so genau mit einander übereinstimmen, so nehme ich keinen Anstand, die meine eigenen wiederholten Versuche gefundenen bei der folgenden Berechnung zum Grunde zu legen, um so mehr, sie den Bestimmungen, welche andere Physiker früher gefunden haben, näher kommen, als die von GAY-LÜSSAC.

DESPRETZ¹ bestimmte die Dichtigkeit der Dämpfe von flüchtigen Flüssigkeiten dadurch, daß er einen Ballon erst leer, und mit Dampf erfüllt, wog, und aus der Differenz des Gewichtes die Menge der verdampften Flüssigkeit erhielt. Seine Reduktion, wodurch er den Dampf auf 0° Temperatur nach der Voraus-

¹ Ann. C. P. XXI. 148.

reducirt, daß er sich gleichmäßig wie die Luft ausdehnen machen die Sache unnöthig weitläufig, und entfernen die Abweichung von der Wahrheit, indem doch offenbar Dampf bei dieser Temperatur gebildet etwas ganz anderes ist, als der bei 11° bis 15° C. entstandene. Seine Versuche über Wasserdämpfe haben indeß ein dem von GAY-LÜSSAC erhaltenen sehr nahe liegendes Resultat gegeben haben. Berechnet man dieselben ganz genau, so ergibt sich Folgendes. Der Ballon faßte bei 15° C. 746 Litres, welche mit Rücksicht auf die Ausdehnung durch Wasser nahe genau 9374,66 Grammes an Gewicht betragen, woraus man das Verhältniß zu Wasser bei seiner größten Dichtigkeit verlangt. Der Wasserdampf im Ballon wog bei $17^{\circ},44$ C. oder $13^{\circ},9$ R. 0,102 Grammes, mithin ist die Dichtigkeit des Wasserdampfes nahe genaue 0,00001088 . . etwas zu klein; für $15^{\circ},31 = 15^{\circ},46$ R. aber, wobei das Gewicht des Dampfes 0,104 Grammes gefunden wurde, ist dasselbe auf gleiche Weise nahe genau 0,00001429 . . gleichfalls etwas zu klein, mit den Bestimmungen von GAY-LÜSSAC jedoch allerdings nahe übereinstimmend. Der Apparat übrigens, dessen er sich bediente, ist einer der einfachsten, und am leichtesten zu behandeln, giebt aber die Dichtigkeiten sehr leicht zu klein an, wenn man nicht auf sieht, daß noch stets etwas Flüssigkeit zum Verdampfen vorhanden ist. DESPRETZ scheint diesen Fehler nicht vermeiden zu haben, wie eine Prüfung seiner Versuche ergeben wird. Der von ihm gebrauchte Apparat besteht aus einem Barometer A A von einer dreifachen Weite, als gewöhnliche Barometer zu haben pflegen, mit einem oben angebrachten Hahn α (Fig. 118.) und aus einem anderen Barometer C in ein gemeinschaftliches Quecksilbergefäß $\nu\nu$ gesenkt. In das erstere Barometer wird Wasserdampf gebracht, dann wird die möglichst luftleere Hahnkugel B aufgeschoben, die Hähne werden geöffnet, und diese füllt sich mit Dampf, welcher nachher gewogen werden kann; die Differenz der Quecksilberhöhe in beiden Barometern aber giebt die der Temperatur zugehörige Elasticität, welche indeß wegen der Capillardepression zu groß gefunden werden muß, wenn man die Dichtigkeit nicht zu klein erhalten will.

Alle bisher erwähnten Versuche über die Dichtigkeit des Wasserdampfes beziehen sich auf Temperaturen unter dem Siedepunkt.

despante. SOUZYMAN hat indess diese Bestimmung auch für höhere Wärmegrade aus der Menge des Dampfes zu erhalten gesucht, welche einen Stiefel von gegebenem Inhalte füllte, wodurch indess, ohne große Sorgfalt anzuwenden, aus leicht begreiflichen Gründen keine völlig scharfe Resultate zu erwarten sind. Dennoch aber hat dieser geübte Physiker drei vor treffliche Resultate erhalten, und zugleich das aus theoretischen Gründen schon früher angenommene Gesetz auch für diese Temperaturen bestätigt gefunden, nämlich, daß die Dichtigkeit sehr nahe den Elasticitäten proportional sind. Seine absoluten Bestimmungen sind folgende:

Für 329° F.	=	87°,56 R.	Dichtigkeit =	0,00082755
— 270. —	=	106,78 —	— — —	0,00170140
— 226 —	=	116,89 —	— — —	0,00247620

welche mit der nachfolgenden, nach meinen Versuchen berechneten Tabelle bis auf verschwindende Unterschiede übereinstimmen. Insofern aber, bei völliger Uebereinstimmung der ersten Größe die beiden letzteren die Dichtigkeiten noch etwas größer geben, als diese in der Tabelle berechnet sind, so liegt hierin ein Beweis, daß die bei der letzteren zum Grunde liegenden Elemente den Resultaten der Versuche angemessen seyn müssen, um auch für höhere Temperaturen auszureichen, und daß das Verhältniß der Dichtigkeit von mir keineswegs zu groß genommen sey. Daß übrigens SOUZYMAN die Dichtigkeit des Dampfes auf die angegebene Weise auf keinen Fall zu finden konnte, wohl aber zu groß, wenn mechanisch fortgerissenes Wasser mit in den Stiefel eindrang, fällt von selbst in die Augen.

Die Verhältnisse der Dichtigkeiten sind 40,00; 82,6; 119,70, der Elasticitäten aber 40; 80; 120, woraus also die angegebene Gesetz Bestätigung erhält¹.

1 Robison Mech. Phil. II. 163. Frühere Versuche von SOUZYMAN und SHARPE bei THOMSON Systeme de Chim. Suppl. 143. stimmen weniger überein.

2 Wenn DESPANTE in Ann. de Ch. P. XXI. 152. das Gegentheil gefunden haben will, so liegt dieses daran, daß er die Elasticitäten nach DALTON zum Grunde legt. Später hat er durch eigene Versuche das Nämliche gefunden. 8. Traité. 125.

Die Dichtigkeit des Wasserdampfes für die höchsten und niedrigsten Temperaturen zu kennen ist in mehrfacher Hinsicht, hauptsächlich aber für die Meteorologie und die praktische Benutzung des Dampfes von sehr grosser Wichtigkeit, und muß hieraus der Wunsch hervorgehen, dieselbe nicht bloß einige Grade der Wärme durch mühsame Versuche zu bestimmen, sondern zugleich eine allgemeine Formel zur Berechnung derselben aufzufinden. Berücksichtigt man die grofse Ähnlichkeit der Gasarten und der Dämpfe, so kann man im Allgemeinen schließen, daß das für jene aufgefundenene Gesetz auch auf diese passen müsse, oder daß die Dichtigkeiten den Elasticitäten direct proportional seyn werden. Uebersieht man es zugleich nicht, daß nach dem, schon oben in den allgemeinen Beobachtungen über die Dichtigkeit der Dämpfe angegebenen, Verhalten durch Verminderung eines gegebenen Raumvolumen Dampf im Zustande des Gesättigtseyns nicht wie bei anderen Gasen die Dichtigkeit und Elasticität desselben dem Raume umgekehrt proportional, sondern sich selbst gleichbleibend ist, so kann dann eine der Verminderung des Raumes proportionale Verminderung des Dampfes im tropfbar flüssigen Zustande ausgeschieden wird, und daß zugleich bei unverändertem Raume, aber vermehrter Wärme, die Elasticität desselben zwar wächst, derselbe aber zugleich unter das Maximum seiner Dichtigkeit herankommt, so folgt hieraus, daß die Dichtigkeit des Dampfes der Elasticität directe, der Temperatur aber umgekehrt proportional seyn muß. Ohngeachtet indessen das Verhalten der Gasarten nach ein anderes ist, als das der Dämpfe, so stimmen doch auch jene darin mit diesen überein, daß bei gleichbleibender Elasticität die Dichtigkeit der Wärme nach dem Gesetze der Elasticität umgekehrt proportional ist. Zu bemerken ist aber oben schon gezeigt, daß die Elasticität der Dämpfe eine Function der Temperaturen und Dichtigkeiten sey, aus welcher folgt, daß die Elasticitäten und Dichtigkeiten gegenseitig durch einander, beide aber durch die Temperaturen bestimmt werden.

LA PLACE war, so viel mir bekannt ist, der erste, welcher die Dichtigkeit der Dämpfe ein allgemeines Gesetz aufstellte, indem er aus den Versuchen von DALTON, SAUSSÜRE und anderen folgerte, daß dieselbe bei gleichen Elasticitäten und

Temperaturen $\frac{1}{12}$ von der Dichtigkeit der Luft betrage ¹, daher die Dichtigkeit der Luft ρ , so ist für einen Barstand $= H$ und eine Temperatur $= t$ in Centesimalgr Dichtigkeit des Dampfes

$$\delta = \frac{10}{14} \rho \frac{e}{H} \left(\frac{1}{1 + 0,00375t} \right)$$

Aus der oben vorgenommenen Prüfung der verschiedenen suchte folgt indess, daß diese Bestimmung die Dichtigkeit groß giebt. Nach einer andern Angabe von LA PLACE wird die Dichtigkeit des Dampfes bei 15° R. zu klein gewesen weil bei der Berechnung die durch WATT gefundene Dichtigkeit zum Grunde liegt, wonach der siedendheiße Dampf 1600 mal dünner als Wasser seyn soll. GAY-LUSSAC durch seine oben erwähnten Versuche das von LA PLACE gebene Gesetz bestätigt, aber für einen Coefficienten der Dichtigkeit von $\frac{1}{12}$ gegen Luft bei gleicher Temperatur und Dichtigkeit ².

Die oben für die Elasticitäten der Dämpfe benutzte J. T. MAYER aufgestellte, Formel geht davon aus, die Elasticität als eine Function der Dichtigkeit und der Temperatur anzusehen, wodurch sie in ihrer einfachsten Form $e = \mu \delta (1 + At)$ giebt, wenn e die Elasticität, δ die Dichtigkeit und t die Temperatur nach R. bezeichnet. Diese Formel wird umgekehrt

$$\delta = A \frac{e}{213 + t}$$

wenn man annimmt, daß die expansibelen Flüssigkeiten um $\frac{1}{273}$ für jeden Grad der achtzigtheil. Scale ausdehnung gleich aber der Natur der Sache nach die Dichtigkeit Elasticitäten directe, den Temperaturen aber umgekehrt proportional setzt. Diese Formel habe ich den von mir in

1 Méc. Cél. IV. 273.

2 Bullet. des Sciences de la Soc. philom. N. 72. daraus XXVII. 427.

3 Noch eine gehaltreiche Untersuchung von TRALLER bei G. XXVII. 411. Indess übergehe ich dieselbe, weil es zu weitläufig seyn würde, sie im Auszuge mitzutheilen, und man auch ohne dieses zum beabsichtigten Ziele gelangen kann.

nehmen, mit Ausschluss der minder genauen, gemessenen Dichtigkeiten des Wasserdampfes angepasst, und sie den erhaltenen Resultaten angemessen gefunden, jedoch in der Art, daß der für den Factor A gefundene Werth in höheren Temperaturen zu vermindern seyn müßte, wodurch die Formel die Gestalt

$$\delta = A (1 - wt) \frac{e}{213 + t}$$

erhalten würde, ohne daß es mir möglich schien, den Werth von w aus meinen Versuchen mit Sicherheit zu bestimmen, in-
 dem dieselben nur die Temperaturen von 0° bis 35° R. um-
 faßten ¹. Bei nochmaliger Revision der erhaltenen Größen
 und einer Vergleichung derselben mit den durch andere Physi-
 ker, namentlich durch SOUTHERN für höhere Temperaturen ge-
 fundenen Dichtigkeiten finde ich die Uebereinstimmung zwi-
 schen den durch Beobachtung und Rechnung gefundenen Wer-
 then noch genauer, wenn in der Formel für die Elasticitäten
 die durch ARZBERGER gefundenen Constanten aufgenommen,
 und mit den auf diese Weise erhaltenen Werthen von e die
 Dichtigkeiten berechnet werden. Man darf daher A unbedenk-
 lich $= 0,0064106984 \dots$ oder kürzer $= 0,0064107$ nehmen,
 nach ohne die Einführung des Factors $(1 - w)$ die Formel

$$\delta = 0,0064107 \frac{e}{213 + t}$$

die Dichtigkeiten sehr genau giebt.

Wiewohl es natürlich, und unmittelbar auf der Sache
 gegründet ist, die Dichtigkeit der Dämpfe mit der Dich-
 tigkeit derjenigen Flüssigkeit zu vergleichen, woraus sie ge-
 bildet sind, so hat man doch in den letzten Zeiten sie vielmehr
 mit der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft bei gleichem
 Drucke und gleicher Temperatur verglichen ². Die Dichtigkeit

¹ Phys. Abh. p. 174.

² LA PLACE in Méc. Cól. IV. 273. wählte diese Bezeichnungsart,
 weil sie ihm für die Untersuchung der Strahlenbrechung die bequem-
 ste und paßlichste war. Seitdem ist sie in Frankreich, und diesemnach
 auch in Deutschland fast ganz allgemein aufgenommen. Indefs bin ich,
 da die Natur der Sache erforderte, zu der älteren zurückgekehrt, ha-
 be jedoch in der nachfolgenden Tabelle auch eine Columnne zur Verglei-
 chung mit der Luft hinzugefügt.

der Luft, mit Wasser bei seiner größten Dichtigkeit verglichen, wird durch die Formel ¹:

$$d = 0,00128308 \left(1 - \frac{2h}{R}\right) (1 - 0,002711 \cos. 2\lambda) \left(\frac{1}{1 + t \cdot 0,00375}\right) \left(\frac{h}{28 Z.}\right)$$

ausgedrückt. Läßt man hierin die beiden Coefficienten für die Erhebung über der Meeresfläche und die Grade der Breite weg, reducirt den Coefficienten der Wärme auf Grade der achtzigtheil. Scale, drückt allgemein $\frac{h}{28 Z.}$ durch ε und den Coefficienten der Vergleichung durch α aus, so heißt sie in einfachster Gestalt

$$d = \alpha \left(\frac{1}{1 + \frac{t}{213}} \right) \varepsilon$$

und zur leichteren Uebersicht des Verhältnisses der Elasticitäten und Dichtigkeiten.

$$\frac{d}{\varepsilon} = \frac{213 \alpha}{213 + t}.$$

Wird die Formel für die Dichtigkeit der Dämpfe auf gleiche Weise dargestellt, so ist sie

$$\frac{\delta}{\varepsilon} = \frac{a}{213 + t}.$$

Vergleicht man beide mit einander, so ergibt sich, daß das Verhältniß der Dichtigkeiten zu den Elasticitäten der Temperaturen umgekehrt proportional ist, und wenn $213 \alpha = a'$ gesetzt wird, so folgt, daß zwischen der Dichtigkeit der Dämpfe und der Luft, wenn bei beiden die Elasticitäten gleich sind, ein constantes Verhältniß statt finden muß, welches $= a : a'$ ist. Dieses Verhältniß in Zahlen ausgedrückt ist 0,65685 : 1 oder aber das Verhältniß der Dichtigkeit des Wasserdampfes zur Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, beide unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur, ist eine constante Größe, welche auch durch $\frac{10}{15,2242}$ ausgedrückt werden kann. Gay

Lüssac hat statt dessen $\frac{1}{16}$ gefunden, welches von jenem nur wenig abweicht.

1 Vergl. Luft.

der Regel ist den Physikern am meisten daran gelegen, zu wissen, wie viel Wasser in Dampfgestalt in einem gegebenen Raume enthalten ist. Berücksichtigt man nun, daß die Dichtigkeit des Dampfes im leeren Raume von der im luftgefüllten Raume gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre nicht verschieden ist, so läßt sich aus dem bekannten Inhalte eines Gefäßes nach der nachstehenden Tabelle die Menge des darin enthaltenen Dampfes gegen Wasser bei seiner größten Dichtigkeit berechnen, wobei aber nicht übersehen werden darf, daß der Dampf im Maximo der Dichtigkeit vorausgesetzt wird, welches derselbe nie hinausgehen, wohl aber, namentlich in luftgefüllten Räumen, sich unter demselben befinden kann. Man kann also Grund zu vermuthen, daß der Dampf dieses Raumes in seiner Dichtigkeit nicht erreicht habe, so muß man etwas weniger in Rechnung bringen. Die zweite Columne ist bloß der interessanten Vergleichung wegen hinzugefügt, um neben dem Verhältnisse der Dichtigkeit des Dampfes zu der des Wassers im Maximo, seiner Dichtigkeit auch die der Luft bei 0° Temperatur und unter 28 Z. Barometerdruck zu haben.

d	d'	t	d	d'
—	.000001	— 13	—	.000722
—	4	12	.000001	.814
—	.000011	11	1	916
—	29	10	1	.001029
—	53	9	2	1154
—	79	8	2	1292
—	93	7	2	1444
—	.000108	6	2	1611
—	125	5	2	1795
—	145	4	3	1997
—	168	3	3	2221
—	194	2	3	2457
—	224	1	4	2720
—	257	0	4	3005
—	295	+ 1	4	3320
—	337	2	5	3659
—	385	3	5	4029
—	438	4	6	4429
—	498	5	6	4863
—	565	6	7	5332
—	639	7	8	5839

+	+	+	+
000008	006887	53	000177
9	6978	54	187
10	7614	55	197
11	8800	56	207
12	9036	57	218
13	9827	58	229
14	010675	59	240
15	11584	60	252
16	12557	61	265
17	13599	62	272
18	14711	63	292
19	15900	64	306
20	17167	65	320
21	18517	66	335
22	19955	67	351
23	21486	68	367
24	23118	69	384
25	24841	70	402
26	26674	71	420
27	28619	72	438
28	30680	73	458
29	32862	74	478
30	35171	75	499
31	37613	76	520
32	40198	77	542
33	42916	78	565
34	45790	79	588
35	48619	80	613
36	52018	81	638
37	55375	82	664
38	58911	83	690
39	62581	84	718
40	66541	85	746
41	70648	86	775
42	74957	87	805
43	79481	88	836
44	84221	89	868
45	89189	90	901
46	94891	91	935
47	99837	92	969
48	10558	93	001005
49	11149	94	1041
50	11772	95	1079
51	12422	96	1118
52	13101	97	1157

d	d'	■	d	d'
.001198	.93373	+ 143	.004411	3,4889
1240	93373	144	4520	3,5225
1283	.99975	145	4630	3,6085
1327	1,0340	146	4742	3,6960
1372	1,0692	147	4856	3,7849
1418	1,1053	148	4972	3,8752
1466	1,1423	149	5089	3,9672
1514	1,1802	150	5210	4,0606
1564	1,2190	151	5332	4,1556
1615	1,2588	152	5456	4,2521
1667	1,2995	153	5581	4,3501
1721	1,3412	154	5709	4,4496
1776	1,3839	155	5839	4,5510
1832	1,4276	156	5971	4,6538
1889	1,4725	157	6105	4,7583
1948	1,5181	158	6241	4,8644
2012	1,5649	159	6379	4,9720
2069	1,6128	160	6520	5,0814
2132	1,6616	161	6662	5,1923
2196	1,7117	162	6807	5,3049
2262	1,7628	163	6953	5,4193
2329	1,8150	164	7102	5,5353
2398	1,8684	165	7253	5,6530
2467	1,9229	166	7407	5,7726
2539	1,9788	167	7562	5,8940
2611	2,0354	168	7720	6,0168
2686	2,0933	169	7879	6,1410
2762	2,1525	170	8041	6,2673
2839	2,2129	171	8206	6,3954
2918	2,2746	172	8373	6,5254
2999	2,3374	173	8541	6,6570
3081	2,4016	174	8713	6,7905
3165	2,4670	175	8887	6,9258
3251	2,5336	176	9062	7,0629
3338	2,6016	177	9240	7,2018
3427	2,6709	178	9421	7,3424
3517	2,7414	179	9606	7,4851
3610	2,8133	180	9789	7,6296
3704	2,8864	181	9977	7,7759
3800	2,9612	182	.010167	7,9241
3897	3,0372	183	10360	8,0741
3996	3,1145	184	10554	8,2258
4097	3,1933	185	10752	8,3797
4200	3,2735	186	10952	8,5355
4305	3,3551	187	11154	8,6932

t	d	d'	t	d	
+ 188	.011359	8,8528	+ 365	.091357	71
189	11566	9,0143	370	94883	73
190	11776	9,1776	375	98474	76
191	11988	9,3431	380	.10213	79
192	12203	9,5104	385	.10584	82
193	12420	9,6799	390	.10962	85
194	12640	9,8512	395	.11345	88
195	12862	10,023	400	.11735	91
196	13087	10,200	405	.12131	94
197	13314	10,377	410	.12533	97
198	13544	10,556	415	.12939	100
199	13777	10,737	420	.13352	103
200	14012	10,921	425	.13769	106
205	15227	11,868	430	.14193	110
210	16508	12,866	435	.14622	113
215	17857	13,917	440	.15055	116
220	19273	15,021	445	.15495	120
225	20758	16,179	450	.15939	123
230	22313	17,390	455	.16388	126
235	23938	18,657	460	.16842	130
240	25634	19,979	465	.17301	133
245	27402	21,356	470	.17764	136
250	29241	22,790	475	.18232	140
255	31153	24,280	480	.18705	143
260	33137	25,826	485	.19181	146
265	35193	27,429	490	.19663	150
270	37331	29,089	495	.20148	153
275	39525	30,806	500	.20637	156
280	41800	32,578	510	.21629	162
285	44148	34,408	520	.22634	170
290	46568	36,294	530	.23655	178
295	49061	38,238	540	.24691	186
300	51627	40,237	550	.25739	195
305	54265	42,293	560	.26798	204
310	56973	44,404	570	.27873	213
315	59754	46,570	580	.28957	222
320	62604	48,791	590	.30052	231
325	65525	51,070	600	.31157	240
330	68516	53,400	610	.32272	250
335	71576	55,785	620	.33400	260
340	74705	58,224	630	.34528	269
345	77902	60,716	640	.35668	279
350	81167	63,260	650	.36805	288
355	84497	65,855	660	.37970	298
360	87894	68,503	670	.39130	308

d	d'	t	d	d'
.40297	314,07	+ 850	.60682	472,55
.41468	323,19	860	.61839	481,96
.42645	332,37	870	.63045	491,36
.43827	341,58	880	.64251	500,76
.45012	350,82	890	.65455	510,14
.46201	360,08	900	.66658	519,52
.47394	369,38	910	.67859	528,88
.48589	378,70	920	.69059	538,23
.49788	388,03	930	.70257	547,57
.50987	397,38	940	.71450	556,90
.52189	406,75	950	.72647	566,20
.53392	416,13	960	.73840	575,49
.54591	425,52	970	.75029	584,76
.55803	434,92	980	.76215	594,00
.57011	444,33	990	.77400	603,24
.58218	453,74	1000	.78580	612,43
.59425	463,15			

st in vielen Fällen, namentlich bei der Untersuchung
ometeore, interessant und wichtig, die Dichtigkeit des
mpfes gegen Luft bei 28 Z. Bar. und derjenigen Tem-
a kennen, welche zugleich gegeben ist, vorausgesetzt,
den Dampf im Maximo seiner Dichtigkeit vorhanden
nehmen darf. Wird z. B. gefragt, den wie vielsten
er gegebenen Menge von Luft mit Dampf im Maximo
htigkeit gesättigt, dieser Dampf betrage, so giebt, das
1 gesetzt, die Dichtigkeit des Dampfes $= \delta$, diese
ölse die Menge des Dampfes und $1 - \delta$ die Menge der
a indess diesen Werth von δ zu erhalten, darf man nur
vorstehenden Tabelle enthaltenen Werthe unter d' mit
- multipliciren, weil die Dichtigkeit der Dämpfe in

Verhältnisse wächst, als die der Luft vermöge ihrer
ng durch Wärme abnimmt. Hiernach ist die nach-
Tabelle berechnet, welche also unter δ die den Tem-
zugehörige Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Luft
Z. Barometerdruck und bei der durch die Temperatur
fes bedingten Dichtigkeit derselben enthält.

t	δ	t	δ	t	δ
- 50	.0000007	+ 5	.004977	+ 43	.095526
45	.000003	6	.005482	44	.10162
40	.000009	7	.006031	45	.10803
35	.000024	8	.006627	46	.11478
30	.000046	9	.007267	47	.12187
29	.000068	10	.007972	48	.12932
28	.000080	11	.008728	49	.13714
27	.000094	12	.009545	50	.14535
26	.000110	13	.010426	51	.15396
25	.000128	14	.011377	52	.16309
24	.000149	15	.012399	53	.17245
23	.000173	16	.013501	54	.18236
22	.000201	17	.014684	55	.19272
21	.000232	18	.015954	56	.20357
20	.000267	19	.017318	57	.21492
19	.000297	20	.018779	58	.22678
18	.000352	21	.020343	59	.23927
17	.000403	22	.022017	60	.25211
16	.000461	23	.023806	61	.26562
15	.000525	24	.025717	62	.27971
14	.000597	25	.027751	63	.29441
13	.000678	26	.029930	64	.30973
12	.000768	27	.032257	65	.32569
11	.000869	28	.034714	66	.34231
10	.000981	29	.037337	67	.35962
9	.001106	30	.040126	68	.37764
8	.001244	31	.043087	69	.39638
7	.001397	32	.046232	70	.41587
6	.001566	33	.049567	71	.43612
5	.001753	34	.053100	72	.45716
4	.001959	35	.056841	73	.47904
3	.002186	36	.060804	74	.50179
2	.002434	37	.064994	75	.52535
1	.002707	38	.069421	76	.54974
0	.003005	39	.074100	77	.57508
+ 1	.003335	40	.079037	78	.60134
2	.003694	41	.084324	79	.62855
3	.004085	42	.089736	80	.65681
4	.004512				

B. Alkoholdampf.

Der Versuche über die Dichtigkeit des *Alkoholdampfe* giebt es nur wenige. Dahin gehören zwei Bestimmungen von

G. SCHMIDT ¹, wonach die Dichtigkeit des Weingeistdampfes
 en Wasser bei 17°,5 R. = 0,0001123 und bei 63°,5, der
 Siedehitze desselben, = 0,00162 gefunden ist. Die letztere,
 leichtesten mit Genauigkeit zu findende Gröfse stimmt mit
 durch GAY-LÜSSAC erhaltenen, eben wie mit meinen eige-
 , nach der Mayerschen Formel berechneten ², bis auf eine
 verschwindende Gröfse überein. GAY-LÜSSAC ³ fand nämlich
 1 gehöriger Reduction des Barometerstandes und der Tem-
 peratur das Verhältnifs des Alkoholdampfes bei der Siedehitze
 Maximo seiner Dichtigkeit gegen Luft = 1,613 : 1. Nimmt
 aber das Verhältnifs der Dichtigkeiten von Luft bei 0°
 Temperatur und 28 Z. Barometerstand gegen Wasser im Ma-
 ximo seiner Dichtigkeit = 0,00128308 : 1 und corrigirt die-
 ses Verhältnifs für den Siedepunct des Alkohols, nämlich
 5 R. = 79°,4 C., so ergibt sich die Dichtigkeit des Alko-
 haldampfes gegen Wasser = 0,0015948, welche Bestimmung
 der in der nachfolgenden Tabelle berechneten eine Diffe-
 = — 0,0000095 giebt. Eine gleiche Uebereinstimmung
 dem nach der Mayerschen Formel und den aus meinen Ver-
 suchen hierfür gefundenen Constanten giebt ein Versuch, wel-
 chen v. SAUSSÜRE d. jüngere angestellt hat ⁴, wonach er bei
 5 R. die Dichtigkeit des Alkoholdampfes gegen Wasser
 0,000097413 fand. Die Rechnung giebt 0,00009691 also
 giebt der Unterschied + 0,000000503. Bei so genauer Ue-
 bereinstimmung aller Versuche mit der Rechnung trage ich kein
 Bedenken, in der nachfolgenden Tabelle die nach der Mayer-
 schen Formel berechneten Dichtigkeiten des Alkoholdampfes
 einzusetzen, in welcher ich den Coefficienten A = 0,016 aus
 meinen Versuchen gefunden habe, und wonach sie heifst

$$\delta = 0,016 \frac{e}{213 + t}$$

1 δ die Dichtigkeit gegen Wasser im Maximo seiner Dich-
 tigkeit, e die Elasticität in Par. Zollen und t die Temperaturen

Handbuch d. Naturl. I. 298.

Phys. Abhandl. p. 242.

Despretz Traité. 123. Vergl. Ann. de Chim. LXXX. 218.

J. de Ph. LXIV. 316. daraus bei Gehlen J. IV. 60.

Wasserdampf.

nach H. bezeichnet. Die Elasticitäten sind hierin aus der ob-
mitgetheilten Tabelle genommen.

t	δ gegen Wasser	gegen Al- kohol = 0,792	t	δ gegen Wasser	gegen Al- kohol = 0,792
— 30	.00000188	.00000168	+ 35	.00032535	.00041086
— 25	235	294	36	34622	43714
— 20	395	500	37	36823	46945
— 15	655	.00001262	38	39146	49488
— 10	.00001053	1329	39	41596	52312
— 5	1659	2095	40	44176	55771
0	2558	3230	41	46894	59216
1	2788	3514	42	49757	62846
2	3025	3820	43	52770	66622
3	3286	4194	44	55938	70622
4	3566	4503	45	59273	74846
5	3868	4883	46	62777	79286
6	4191	5292	47	66459	83946
7	4539	5731	48	70326	88822
8	4912	6202	49	74385	93922
9	5311	6706	50	78646	99306
10	5740	7248	51	83117	.0010494
11	6198	7826	52	87803	11086
12	6688	8445	53	92716	11706
13	7213	9107	54	97864	12356
14	7773	9814	55	.0010325	13037
15	8371	.00010570	56	10890	13570
16	9010	11376	57	11481	14496
17	9691	12236	58	12099	15277
18	.00010417	13153	59	12746	16093
19	11189	14128	60	13422	16947
20	12014	15169	61	14130	17839
21	12890	16275	62	14867	18771
22	13822	17452	63	15638	19745
23	14812	18702	64	16443	20761
24	15864	20030	65	17284	21822
25	16981	21441	66	18160	22930
26	18166	22937	67	19074	24084
27	19423	24525	68	20028	25288
28	20757	26208	69	21022	26452
29	22168	27990	70	22057	27580
30	23663	29877	71	23189	29279
31	25245	31875	72	24259	30631
32	26919	33899	73	25429	32108
33	28689	36224	74	26646	33642
34	30660	38585	75	27915	35234

t	δ gegen Wasser	gegen Al- kohol = 0,792	t	δ gegen Wasser	gegen Al- kohol = 0,792
80	.0035040	.0044248	+ 120	.016900	.0213880
85	43653	55118	140	32469	409960
90	53990	68170	160	58163	734380
95	66315	83731	180	98187	.1239700
100	80921	.0101880	200	.157550	.1989300

C. Schwefelätherdampf.

Auch über die Dichtigkeit des *Schwefelätherdampfes* habe ich sowohl mit unreinem als auch mit ganz reinem Aether eine Reihe von Versuchen angestellt, und die Resultate mit denen durch die Berechnung nach der Mayerschen Formel erhaltenen verglichen¹. Sie sind bei weitem leichter als die mit Wasser und Alkohol, weil der Aetherdampf ungleich dichter ist, und man daher mit weit größeren Mengen dieser Flüssigkeit arbeitet, und da jene Versuche mit andern genauen Beobachtungen sehr übereinstimmende Resultate geliefert haben, ist nicht wohl zu erwarten, daß diese sich von der Wahrheit bedeutend entfernen sollten. Der Apparat und die Art des Experimentirens waren übrigens die nämlichen als diejenigen, welche oben bei der Prüfung der Dichtigkeit des Wasserdampfes beschrieben sind. Werden die erhaltenen Resultate mit denen anderer Physiker verglichen, so ergibt die Zusammenstellung Folgendes. TH. v. SAUSSÜRE² fand die Dichtigkeit des Aetherdampfes nach der Quantität, welche ein mit Luft erfüllter Raum aufzunehmen vermag, bei 18° R. = 0,0017524. Seine Versuche ergeben dagegen 0,0012095 gegen Wasser im Maximum der Dichtigkeit, und die Differenz beider beträgt also 0,00054. Indefs giebt v. SAUSSÜRE seinen Versuch nur für ein unvollkommenes, und das erhaltene Resultat für ein gehobenes aus, auch findet er das letztere auf eine nicht hinlänglich scharfe Weise. Zugroß ist gleichfalls die Bestimmung durch LÜSSAC³, wonach die Dichtigkeit des Aetherdampfes bei

¹ Phys. Abhandl. p. 259.

² J. d. P. LXIV. 316. Gehlen J. IV. 48. G. XXIX. 125.

³ Ann. de Chim. LXXX. 218. daraus bei G. XLV. 333.

80° 4 R. als dem Siedepuncte des gebrauchten Aethers 0,7865 sp. Gew. gegen Wasser 0,0028948 betragen soll, so daß aus meinen Versuchen 0,002168 folgt. Gegen atmosphärische Luft setzt dasselbe¹ das constante Verhältniß = 2,56. Wird diese Angabe nach dem Verhältniß der Dichtigkeit der Luft zum Wasser, mit Weglassung der Correctionen für Wärme, Breite und Erhebung über die Meeresfläche = 0,00128308 auf Wasser reducirt, so giebt dieses für den Siedepunct des Aethers = 87° C. oder nahe 80° R. die Dichtigkeit des Dampfes = 0,002914, also gegen die aus meinen Versuchen erhaltene Bestimmung 0,000796 beträchtlich zu groß. Soll die aber die Dichtigkeit bei der Siedehitze des Wassers bezeichnen wie nach DESPRETZ zu folgen scheint, so ist die Größe bedeutend zu klein. Indefs läßt sich die Dichtigkeit der Dämpfe im Maximo nicht auf die Weise, wie dort geschehen ist, auf höhere oder niedere Temperaturen reduciren, indem man die Ausdehnung derjenigen gleichsetzt, welche für atmosphärische Luft gefunden ist, weil hiernach bei zunehmenden Temperaturen der Dampf nicht im Maximo der Dichtigkeit bleibt, bei abnehmenden aber eine Quantität tropfbare Flüssigkeit ausgeschieden, und die Elasticität bedeutend vermindert wird.

DESPRETZ² suchte vermittelst seines oben beschriebenen Apparates die Dichtigkeit des Aetherdampfes bei 9°, 12° und 9°, 65 R. zu bestimmen. Der Ballon hielt nach der Correction für die Wärme 9,87466 Litres, und der Dampf in demselben wog 3,197 und 4,967 Grammes, eine Differenz, welche größer ist, als dem Temperaturunterschiede zukommt. Indefs giebt jenes 0,00034102, dieses 0,00052983 gegen Wasser im Maximo der Dichtigkeit, wogegen ich 0,0007594 für 9° und 0,0008009 für 10° R. gefunden habe. Beide Bestimmungen bleiben also hinter den meinigen bedeutend zurück, und sind um so mehr gegen die durch GAY-LUSSAC erhaltenen beträchtlich zu klein. Indefs muß es auffallen, daß DESPRETZ zugleich die Elasticitäten = 8,154 und 4,891 Par. Zolle gefunden hat, folglich so klein, als mit keinen sonstigen Beobachtungen vereinbar ist. Wenn ich indess die den angegebenen Elasticitäten

¹ Despretz Traité. p. 123.

² Ann. G. P. XXI, 149.

nehmenden Dichtigkeiten suche, so finde ich für jene nahe 0,00030, für diese nahe genau 0,0004190, beide Werthe mit den durch DESPRETZ gefundenen so nahe übereinstimmend, daß man hiernach berechtigt wird zu schließen, der ihm gewogene Dampf sey nicht gesättigt gewesen, ein Fehler welcher nach meinen wiederholten Erfahrungen bei dem jenem Gelehrten gebrauchten Apparate schwer vermeidlich ist.

Die durch meine Versuche erhaltenen Werthe liegen so in der Mitte zwischen denen von GAY-LÜSSAC und von DESPRETZ gefundenen, und ich muß sie daher noch immer um mehr für die genaueren halten, als der gebrauchte Apparat so große Mengen von Flüssigkeit nicht füglich bedeutende Fehler zuließe, und zugleich die Dichtigkeit des Aetherdampfes und Wasser im Maximo seiner Dichtigkeit ohne alle so leicht zu vermeinende herbeiführende Correctionen unmittelbar angab. Sucht man hiernach für die Mayersche Formel den constanten Factor so wird

$$\delta = 0,0179 \frac{e}{213 + t}$$

hierin die oben gefundenen Werthe für e gesetzt, giebt folgende Dichtigkeiten für die Temperaturen = t nach R.

t	δ gegen Wasser	δ gegen Aether = 0,717	t	δ gegen Wasser	δ gegen Aether = 0,717
30	.0000605	.0000844	+ 6	.0006455	.0009002
25	888	.0001238	7	6813	9502
20	0001276	1780	8	7177	.0010010
15	2268	2513	9	7594	10592
10	2500	3488	10	8009	11172
5	3416	4765	11	8443	11775
4	3630	5062	12	8896	12408
3	3854	5376	13	9369	13068
2	4090	5711	14	9863	13756
1	4339	6051	15	.0010378	14475
0	4599	6415	16	10915	15224
1	4873	6797	17	11475	16004
2	5160	7197	18	12059	16818
3	5461	7618	19	12664	17663
4	5776	8263	20	13299	18548
5	6108	8519	21	13957	19467

t	δ gegen Wasser	δ gegen Aether = 0,717	t	δ gegen Wasser	δ gegen Aether = 0,717
+ 22	.0014642	.0020122	+ 50	.0048806	.00671
23	15855	21416	52	52101	721
24	16096	22449	54	56128	781
25	16865	23522	56	60401	841
26	17665	24637	58	64929	901
27	18495	25795	60	69722	971
28	19357	26997	62	74792	1061
29	20298	28310	64	80148	1111
30	21180	29549	66	85804	1191
32	23140	32273	68	91773	1271
34	25245	35209	70	98040	1361
36	27503	38359	75	.0115250	1601
38	29923	41734	80	134780	1871
40	32512	45344	85	156670	2181
42	35279	49203	90	181280	2521
44	38232	53322	95	213620	2971
46	41382	57715	100	239330	3331
48	44736	63294			

D. Schwefelkohlenstoffdampf.

Hierüber kenne ich außer der Bestimmung von GAY-LAC¹, welcher seine Dichtigkeit = 2,645 gegen Luft angab, nur noch die von DESPRETZ² gefundene. Werden die in den Versuchen erhaltenen Größen nach der mehrmals angewandten Methode auf Wasser im Maximo der Dichtigkeit und auf bei 28 Z. Barometerstand und 0° Temperatur reducirt, so hält man folgende Werthe:

t nach R.	δ gegen Wasser	δ gegen Luft
11°,82	— 0,0005540	— 0,43183
12°,21	— 0,0003504	— 0,27310
12°,25	— 0,0002958	— 0,23054
12°,69	— 0,0008733	— 0,68063
13°,29	— 0,0003237	— 0,25232

Diese Resultate stimmen weder unter einander überein, wachsen die Dichtigkeiten mit den Temperaturen, und

1. Ann. de Chim. LXXX. 218. G. XLV. 338.

2. a. a. O.

er noch neue Versuche erforderlich, um das Gesetz der Dichtigkeiten aufzufinden.

E. Terpentinspiritus - Dampf.

GAY-LÜSSAC¹ bestimmt die Dichtigkeit desselben gegen die Luft als Einheit = 5,013, und da ein Litre bei 0° Temperatur bei 0,76 Metres Barometerstand 6,515 Grammes wiegen soll, wäre dieses 0,006515 gegen Wasser bei seiner größten Dichtigkeit². Dieser Dampf hätte sonach die größte Dichtigkeit, geachtet der Siedepunct bei 120°,8 R. liegt³. Auch der Schwefelkohlenstoff siedet bei höherer Temperatur, als Schwefelwasser, und giebt doch einen dichteren Dampf, weswegen das von LÜSSAC aufgestellte Gesetz, daß die Dichtigkeiten der Dämpfe in Siedepuncte umgekehrt proportional sey, nicht allgemein gültig ist.

F. Joddampf.

Dieser soll eine Dichtigkeit = 8,61 haben⁴.

G. Hydriodnaphthadampf.

Die Dichtigkeit desselben wird von GAY-LÜSSAC⁵ zu 5,475 angegeben, die atmosphärische Luft als Einheit genommen; den Siedepunct dieser Flüssigkeit aber findet er bei 65° C.

¹ Despretz Traité. 123.

² Daß diese Bestimmung ungenau seyn müsse, folgt aus der Natur der Dämpfe, wie schon öfters bemerkt ist. Anstatt daß nämlich der Dampf durch Verminderung der Temperatur dichter werden sollte, ist er vielmehr dünner, und die bei den Franzosen übliche Correction in der Ausdehnung expansibeler Flüssigkeiten durch Wärme ist darauf Dämpfe durchaus nicht anwendbar. Nehmen wir aber den Siedepunct des Terpentinspiritus nur bei 125° C. an, setzen die übrigen Bestimmungen als richtig voraus, obgleich nicht abzusehen ist, wie GAY-LÜSSAC mit seinem Apparate Temperaturen über dem Siedepuncte messen konnte, und corrigiren so wieder rückwärts, so ist die Dichtigkeit des Terpentinspiritusdampfes bei der Siedehitze gegen Wasser 1,003054.

³ Die Angaben des Siedepunctes dieser Flüssigkeit sind sehr verschieden.

⁴ Despretz a. a. O. p. 99.

⁵ Ann. de Chim. XCI. 95 u. 150. Ann. C. P. I. 218.

H. Salzätherdampf.

Soll nach THÉNARD ¹ eine Dichtigkeit = 2,219 haben den Siedepunkt bei 11° C.

I. Blausäuredampf.

Hat nach GAY-LÜSSAC ² eine Dichtigkeit = 0,948, den Siedepunkt bei 26°,5 C.

4. Dämpfe unter dem Maximo ihrer Dichtigkeit.

Alle diese Untersuchungen gelten bloß für Dämpfe im Maximo ihrer Dichtigkeit, oder aber wenn ein gegebener Raum so viel Flüssigkeit in Dampfform enthält, als er zu fassen vermag, in welchem Zustande allein gewisse feste Gesetze seines Verhaltens aufgefunden werden können. Daß es keinen Zustand der Dämpfe über dieses Maximum ihrer Dichtigkeit geben könne, versteht sich von selbst. Indefs befinden sie sich allezeit in diesem Zustande der Sättigung, oder der vollen Dichtigkeit, weil sie als expansibele Substanzen dem Bestreben nach Expansion folgen, und sich daher in jeden beliebigen Raum auszudehnen vermögen, so weit das *Mariottesche Gesetz* gültig ist. Höchst wahrscheinlich leidet dieses Gesetz eine vollständige Anwendung auch auf die Dämpfe so lange, bis sie das Maximum ihrer Dichtigkeit erreichen ³, in welchem Falle sie den eben untersuchten Gesetzen folgen. Es versteht sich indefs leicht, daß über dieselben, so lange sie sich nicht in Zustände der vollen Dichtigkeit befinden, keine besondere Gesetze aufgestellt werden können, und man hierbei auf die über die expansibelen Flüssigkeiten überhaupt bekannten zurückkommen muß.

5. Gemischte Dämpfe.

Die bisher untersuchten Gesetze der latenten Wärme, der Elasticitäten und Dichtigkeiten der Dämpfe sind nur so lange

¹ Mém. de la Soc. d'Arcueil. I. 121.

² a. a. O.

³ Ueber ihre Ausdehnung durch Wärme vergl. *Ausdehnung*.

lig, als die Flüssigkeiten, woraus dieselben gebildet wurden, im Zustande der Reinheit befinden, werden aber abgeändert, sobald ihnen heterogene Körper beigemischt sind. Namentlich zeigt sich in dieser Hinsicht ein merkwürdiges Verhalten der Elasticitäten. Wasser mit Kochsalz verbunden siedet bei höherer Temperatur als reines, und seine Dämpfe können bei der Siedehitze des letzteren diejenige Elasticität nicht erreichen, welche den aus reinem Wasser gebildeten eigen ist, obwohl beide, einmal gebildet, reine Wasserdämpfe sind. Noch fallender zeigt sich dieses Phänomen, wenn man in dem Quecksilber einer torricellischen Röhre, in deren oberem Ende sich etwas Wasser und somit auch Wasserdampf befindet, eine kleine Quantität Soda aufsteigen läßt. Sobald diese das Wasser berührt, und sich damit verbindet, verlieren die Dämpfe von ihrer Elasticität, obgleich sie nicht das Mindeste von der Soda aufnehmen. Biot¹ erklärt dieses Phänomen aus den Gesetzen der Affinität. Diejenigen Dampfschichten nämlich, welche die Lage der Flüssigkeiten unmittelbar berühren, werden von derselben angezogen, und ihre Spannung kann nicht größer seyn, als es die Leichtigkeit verstattet, womit die gegebene Flüssigkeit die Dampfbildung erlaubt, oder die Dämpfe werden jedesmaligen Temperatur ausgestoßen werden. Indem sich dieses aber auf die nachfolgenden Schichten fortpflanzt, wird die Elasticität im Allgemeinen vermindert werden.

Finden sich Dämpfe von zwei oder mehreren Flüssigkeiten in einem gegebenen Raume, so ist ihre Elasticität nicht derjenigen gleich, welche die am meisten elastischen ausmachen, sondern wahrscheinlich der Summe derjenigen, welche nach dem Verhältniß ihrer Mischung zukommen, wenn sie anders neben einander bestehen. Hierüber haben wir sehr interessante Versuche von GAY-LÜSSAC². DESORMES und CLÉMENT hatten nämlich gefunden, daß die Elasticität des Aethers im torricellischen Raume durch Zusatz von etwas Wasser vergrößert wurde, und wußten dieses anscheinend

¹ Traité I. 286.

² Berthollet Essay de Statique chim. Par. 1803. T. I. not. 17. auch bei G. XXIX. 113. Vergl. XIV. 100.

paradoxe Phänomen nicht zu erklären. GAY-LUSSAC zeigte sehr genügend, daß das zugesetzte Wasser den Aether beigemischten Alkohol gebunden habe, wodurch die Aetherdämpfe ihre Elasticität frei üben konnten, welches aus directen hierüber angestellten Versuchen unmittelbar zugleich aber zeigte sich hierbei, daß Wasser und Alkohol auch aneinander banden, indem sonst zu der Elasticität der früheren Dämpfe noch die der Wasserdämpfe hätten hinzukommen müssen. Auch ich selbst habe die Elasticitäten des reinen Aethers allezeit bedeutend geringer gefunden¹, als die der reinen, und es ergiebt sich daraus, daß man bei den Untersuchungen hierüber vorzüglich für die Anwendung reiner Substanzen Sorge tragen muß.

Dämpfe von zwei oder mehreren Flüssigkeiten in gemeinschaftlichen Räumen bestehen in der Art neben einander, daß eine jede eine ihrer verhältnismäßigen Quantität proportionale Menge liefert. Auch hierüber hat GAY-LUSSAC Versuche angestellt². Nach ihm liefert 1 Gram Wasser 1,696 und 1 Gram Alkohol 0,659 Litres Dampf. Nach Rechnung mußte daher 1 Gr. einer Mischung von gleichen Theilen $\frac{1,696 + 0,659}{2} = 1,178$ liefern, statt dessen der Versuch

1,1815 gab, also eine Differenz von 0,0035. Eine Mischung von 1 Th. Wasser und 2 Th. Alkohol mußte nach Rechnung $\frac{1,696 + 1,318}{3} = 1,005$ liefern, wofür der Versuch

1,007 gab. Auffallend ist hierbei, daß die durch Versuche gegebenen Räume allezeit größer waren, als diejenigen, welche durch die Rechnung gegeben wurden, welches eigentlich der starken Verwandtschaft beider Flüssigkeiten zu einander im Widerspruche steht.

DALTON³ hat das nach ihm benannte Gesetz aufgestellt, daß die Elasticität einer Mischung von Gasarten und Dämpfen

¹ Physical. Abh. p. 263.

² Biot Traité. I. 298.

³ Manchester Mem. V. 543. Bibl. Brit. XX. 325. Nichol. V. 241. G. XII. 385.

der Summe der Elasticitäten beider gleich ist, oder mit anderen Worten, daß die Elasticität der Luft und Gasarten durch Zusatz von Dämpfen um so viel vermehrt wird, als die der Temperatur zukommende Elasticität des Dampfes beträgt. Die Richtigkeit dieses Gesetzes zeigt GAY-LÜSSAC durch einen sinnreich construirten Apparat ¹. Eine Glasröhre MM, genau nach Fig. 119. einem beliebigen Maße getheilt, ist oben und unten mit den eisernen Fassungen A, B versehen. Unten befindet sich die 1,5 bis 2 Lin. weite gekrümmte Röhre TT'. Nachdem der Apparat vollkommen getrocknet ist, füllt man durch den oberen Hahn R' trocknes Quecksilber hinein, schraubt den Ballon D auf, welcher mit der zu prüfenden, völlig trocknen Gasart angefüllt ist, öffnet die Hähne R' und r, demnächst den Hahn R, worauf ein Theil des Quecksilbers ausläuft, und das Gas in die Röhre tritt. Ist die letztere mit einer hinlänglichen Quantität gefüllt, so wird das Quecksilber in h niedriger stehen, weil das aus D strömende Gas eine geringere Elasticität, als die der äußeren Luft besitzt, worauf das Gleichgewicht durch Zugießen von etwas Quecksilber in die engere Röhre hergestellt wird. Um dann die Feuchtigkeit in den Apparat zu bringen, schraubt man den Ballon ab, und statt dessen den Trichter V mit dem Hahn R'' auf, welcher letztere an der Seite bei o gefurcht ist. Durch Umdrehen desselben laufen einigen Tropfen Feuchtigkeit aus dem Trichter in die Röhre MM, welche nur allmähig verdampfen, und wobei man sich überzeugen muß, daß eine hinlängliche Menge der Flüssigkeit zur Erzeugung eines gesättigten Dampfes vorhanden ist, indem man durch Oeffnen und Verschließen der Hähne R' und R'' stets mehr Feuchtigkeit in den Apparat lassen kann. So wie der Dampf entsteht, sinkt das Quecksilber bei H stets tiefer herab, bis der Punct der Sättigung eintritt, nach welchem weder eine Verdampfung noch eine Vermehrung der Elasticität weiter erfolgt. Indem dann aber das Quecksilber bei H niedriger steht als bei h, so läßt man abermals so viel Quecksilber auslaufen, bis es in beiden Schenkeln gleiches Niveau hat. War aber der Raum, welchen das Gas allein einnahm = N, der Druck der Atmosphäre = p, der nachher durch die Mischung eingenommene Raum = N',

¹ Biot Traité. I. 301.

so ist die Elasticität des Gases $= \frac{p N}{N'}$, und wenn f die Elasticität des Dampfes heißt, so ist die Elasticität der Mischung $= f + \frac{p N}{N'} = p$ woraus

$$f = p \cdot \frac{N' - N}{N'}$$

gefunden wird. Die Erfahrung ergiebt, daß hierbei f , der Elasticität des Dampfes gleich ist, welche der jedem Temperatur zugehört, weswegen man

$$N' = \frac{p}{p - f} N$$

in Voraus berechnen kann. Der Werth von N' wird unendlich, wenn $p = f$ ist, d. h. wenn der Dampf gleiche Elasticität der Gasart hat, so wird er den Raum ohne Ende erfüllen die Luft daraus vertreiben. Ist der Dampf nicht gesättigt, wird er dennoch eine, obgleich geringere Elasticität, welche gleichfalls durch die Formel gefunden werden kann.

Ändert sich die Temperatur und der Druck, wenn man ein Gemisch von Luft und Dampf eingeschlossen hat, wenn man ein Gemisch von Luft und Dampf unter dem B einer Quecksilbersäule sperrt, so sey der gemeinschaftliche Druck der Luft und der Quecksilbersäule $= p + h$. Ist die Spannung des Dampfes, so lange er nebst der Gasart den Raum N' erfüllte $= f$, so ist die Elasticität der Luft $= p + h - f$. Wird dann die Temperatur erhöht, so daß die Elasticität des Dampfes $= f'$, der Raum aber, welchen die Mischung einnimmt $= N''$ wird, so ist die Elasticität derselben $= (p + h - f) \frac{N'}{N''}$ und es muß

$$f' + (p + h - f) \frac{N'}{N''} = p + h \text{ seyn,}$$

woraus

$$f = p + h - (p + h - f) \frac{N'}{N''}$$

gefunden wird, vorausgesetzt, daß die Gasarten die Dämpfe nicht in sich aufnehmen, sie nicht absorbiren. Hält man ein Gemisch von Gas und Dampf mehrere Tage gesperrt, so

ie Temperatur und der Druck, und somit auch der Raum, den die Mischung einnimmt, und will man wissen, ob die Veränderung bloß eine Folge der Veränderung der Temperatur und des Luftdruckes ist, oder ob sich Gas erzeugt oder absorbiert ist, so läßt sich dieses auf folgende Weise entscheiden.

1. War früher die Elasticität des Gases $= p$, des Dampfes $= f$ und die Temperatur $= t$, und sind diese nachher p' und t' geworden, so ist

$$p' = f + \frac{(p - f) (1 + t' \cdot 0,00375)}{1 + t \cdot 0,00375}$$

Der Werth von p' mit dem beobachteten verglichen zeigt, ob eine Endbindung oder Absorption einer elastischen Flüssigkeit gefunden hat.

Ist umgekehrt eine Mischung von Gas und Dampf so einzuweisen, daß sie eine geringere Dichtigkeit hat als die atmosphärische Luft, und durch eine Quecksilbersäule ausgeworfen wird, z. B. wenn sie sich über dem Quecksilber in einer Meßröhre befindet, so sey im Anfange der Luftdruck $= p$, die Temperatur $= t$, der erfüllte Raum $= N$, die Höhe über das Niveau angehobenen Quecksilbersäule $= h$; nachher werden diese Größen p' , t' , N' und h' , so war die anfängliche Elasticität der Gasart $= p - f - h$; wenn f die Elasticität des Dampfes bezeichnet, und wenn diese nachher $= f'$ geworden ist, so ist

$$f' + \frac{N (p - f - h) (1 + t' \cdot 0,00375)}{N' (1 + t \cdot 0,00375)} = p' - h'$$

$$f' = p' - h' - \frac{N (p - f - h) (1 + t' \cdot 0,00375)}{N' (1 + t \cdot 0,00375)}$$

Unmittelbar mit dieser Untersuchung zusammenhängend und gewisser Rücksicht schon durch dieselbe beantwortet ist die früher vielfach aufgeworfene Frage, ob im luftleeren und gasgefüllten Raume gleiche Mengen Dampf enthalten seyn können.

2. Auf den ersten Blick sollte man vermuthen, es sey möglich, daß ein Raum, worin sich schon eine elastische Flüssigkeit befindet, eine andere auf gleiche Weise aufnehmen könne, als ein leerer, und wirklich erklärt auch ZYLIUS¹, daß

er diese Unmöglichkeit als nothwendig erkenne. Indefs diese Frage schon früher durch den älteren v. SAUSSURE¹ in widerstehenden Mäßen, durch DE LÜC² bejahend beantwortet, TRALLER³ behauptet, ganz allgemein, der Druck der Luft setze keinen Dampf, und eben so VOLTA⁴, daß die Dichtigkeit der Dämpfe keinesweges vom Luftdrucke, sondern bloß von der Temperatur abhängt. Auch CLÉMENT und DESORMES⁵ gerten dieses aus ihren Versuchen, und nachdem sich die Richtigkeit der Versuche von SAUSSURE, WATT, GAY-LUSSAC⁶ auch LA PLACE dafür erklärt hatte, nahm HÄUY⁷ dies als einen physikalischen Lehrsatz auf. Anfangs galt indessen bloß für Wasserdämpfe, aber der jüngere v. SAUSSURE zeigte das Nämliche auch für Aetherdampf. Insofern macht dieser Satz einen Haupttheil der sogenannten ton'schen Theorie⁸ aus, und ist seit jener Zeit allgemein von SOLDNER⁹, BIOT¹⁰ u. a. als unbestreitbares Gesez genommen. Einige Versuche, welche ich selbst¹¹ mit Sorgfalt angestellt habe, konnten daher einen unlängst gemachten Satz nur bestätigen.

Durch die Erfahrung ist dieser Satz indessen nur einfachen, und allenfalls bis zum dreifachen, oder auch stens vierfachen Luftdrucke erwiesen, wenn man nicht weis dafür anführen will, daß sich bei der Compression, also auch Wasserdampfhaltigen Luft, wie dieselbe auch treiben mochte, noch nie ein tropfbarer Niederschlag gezeigt hat. Daß derselbe aber nicht bis ins Endliche gültig seyn könne, eben wie das Mariottesche

1. Hygrom. p. 128.
2. Phil. Tr. 1792. 403. J. d. Ph. XXXVI. 204. Idées en théorie. I. 1. §. 14. G. XLI. 168.
3. G. XXVIII. 481.
4. Grén N. J. III. 479.
5. G. XIII. 144.
6. Traité élém. de Phys. 1re éd. I. 182.
7. Gehlen N. J. IV. 94.
8. Vergl. Th. I. p. 488.
9. G. XXXII. 205.
10. G. XXXV. 425.
11. Physical. Abb. p. 559.

folgt aus der Natur der Sache, und der Analogie nach noch mehr aus den oben erwähnten Versuchen, wonach die Gasarten selbst vermuthlich alle durch sehr starke Compression tropfbarflüssig werden. Merkwürdig ist in dieser Beziehung die Beobachtung, welche J. ROEBUCK¹ im Windkasten des Hohofens in Devonshire machte, nämlich daß beim Anlassen des Geräths und entstehender Compression der Luft, eben wie beim Abfließen derselben ein bedeutender Niederschlag von Wasserdampf in Gestalt eines ziemlich dichten Nebels entstand.

Die Frage endlich, ob gesättigte Dämpfe, oder Dämpfe zu Maximo ihrer Dichtigkeit, von zwei oder mehreren tropfbarflüssigen Flüssigkeiten in dem nämlichen Raume zugleich mit Luft vereinigt neben einander bestehen können, ist bis jetzt, so viel ich weiß, noch nicht beantwortet. Ein einziger Versuch, welchen ich gelegentlich angestellt habe, indem ich Aetherdampf und mit Feuchtigkeit gesättigte Luft in dem zu meinen Versuchen gebrauchten Ballon vereinigte, fiel verneinend aus; welches ich auch nach theoretischen Gründen für wahrscheinlich halte².

6. Anwendung der Dämpfe.

Die Dämpfe der verschiedenen Flüssigkeiten, hauptsächlich des Wassers, werden so vielfach und zu so verschiedenen Zwecken theils durch die Natur selbst in Anwendung gebracht, theils künstlich von den Menschen benutzt; daß es kaum möglich ist, alles hierhergehörige vollständig zusammenzustellen. Man benutzt man sie unter andern zur Vertreibung der Luft aus Gefäßen, wenn man diese nachher durch den Luftdruck mit einer Flüssigkeit anfüllen will, im Großen zur Hervorbringung eines luftleeren Raumes, ferner zur Abkühlung, z. B. der Weinflaschen auf Schiffen, indem man sie mit einem nassen Tuche umgiebt und dem Luftzuge aussetzt, oder selbst einzelner Theile des menschlichen Körpers, indem man Weingeist, kölnisches Wasser oder Schwefeläther auströpfelt und einen darüber hinreichenden Luftzug erzeugt; zuweilen verwandelt man die

¹ G. IX. 45.

² Physical. Abh. p. 363.

Flüssigkeiten in Dämpfe, um sie auf diese Weise zu zerlegen oder ihre Verbindung mit andern Substanzen zu erleichtern, u. dgl. ¹ Hauptsächlich aber werden die Dämpfe zu folgenden drei Zwecken benutzt:

1. Als bewegendes Mittel.

Als solches zeigt sich der Dampf durch sein Blasen in der Art der ausströmenden Luft bei der Dampfkugel ², als mechanisch drückendes und durch Reaction wirkendes Mittel bei andern Arten Dampfmaschinen, in gewisser Hinsicht beim Rückweichen des Geschützes, hauptsächlich aber durch die Elastizität wirkend bei den Dampfmaschinen überhaupt und den neuerdings erfundenen Dampfkanonen ³.

2. Als Mittel der Erwärmung und Heizung.

Wegen der großen latenten Wärme der Dämpfe, welche durch das Niederschlagen derselben wieder frei wird, erwärmen sie alle diejenigen Räume, in denen sie aufsteigen, auch nachdem sie niedergeschlagen sind, durch ihre Abkühlung, beständig erwärmen. Dieses zeigt sich insbesondere in den Zimmern heißer Bäder, Brauereien, Brennereien u. dgl. Man wendet sie indess auch künstlich zur Heizung von Zimmern an, sowohl in solchen Fabrikanstalten, in denen die Maschinen durch Dampf bewegt wird, dieser dann von noch bedeutender Hitze unbenutzt verloren würde, und daher zur Erwärmung der Zimmer vortheilhaft verwandt werden kann; oder zur absichtlicher Bereitung für solche Zimmer, worin sich Substanzen befinden, welche durch höhere Hitzegrade leicht verdorben werden oder explodiren könnten, als Malz, Kräuter, Schießpulver u. dgl. Den ersten Vorschlag hierzu scheint W. Clegg zu haben, indess wurde vor dem Ende des vorigen Jahrhunderts wenig Gebrauch von diesem Mittel gemacht ⁴.

¹ S. Dampfkugel.

² S. Dampfmaschinen.

³ S. Dampfkanonen.

⁴ Phil. Tr. 1745. Vergl. Buchanan in Bibl. Brit. XLIII. 361.

Der Dampf, dessen man sich hierzu bedient, muß schon aus Sicherheit wegen nur von einfacher Pressung seyn, das Sicherheitsventil aber unzugänglich für den Heizer. Der Dampfkessel hat die Einrichtung eines gewöhnlichen bei den Dampfmaschinen. Aus diesem gehen die Röhren, und hieraus erforderlichen Falls wieder kleinere, die man meistens abhängig macht, damit das condensirte Wasser wieder in den Kessel zurückläuft, wo dieses aber nicht angeht, läuft das Wasser durch einen umgekehrten Heber ab, wobei man eine Wassersäule von etwa 9 F. dem Drucke des Dampfes entgegensetzt. Auf allen Fall muß ein Mechanismus angebracht seyn, um die Luft aus den Röhren zu entfernen, wenn sie sich mit Dampf zu füllen anfangen, welcher meistens aus einem Ventile besteht, das sich durch die Zusammenziehung der Röhre beim Erkalten öffnet, und beim Erwärmen derselben durch den Dampf wieder schließt. Weil die Luft schwerer ist als der Dampf, so muß ihr Ausgang an einer niedrigen Stelle seyn. Für den gewöhnlichen Gebrauch eignen gut gegossene eiserne Röhren von 3 bis 5 Z. innerem Durchmesser und, der Strahlung wegen, nicht blanker Oberfläche hin; indess bedient man sich auch der Doppelcylinder, welche gleich einem Ofen im Zimmer stehen, in deren inneren Raum man die Luft durch die Röhre A steigen, und erwärmt durch eine obere Oeffnung E entweichen läßt, welche Strömung durch das Ventil D regulirt werden kann. Im Zwischenraume verbreitet sich der durch das Rohr B zugeführte Dampf, und das condensirte Wasser läuft durch das Rohr C wieder ab. Die Fläche eines solchen Ofens ist ohngefähr 3 F., und eine etwas rauhe, bronzirte Oberfläche leistet gute Dienste. Um die erforderliche Röhrenoberfläche = S zu bestimmen, wodurch eine gewisse Menge von Kubikfuss Luft = C in einer Minute von der Temperatur = t zur Temperatur = T erwärmt werden sollen, giebt TREDGOLD¹ die auf Centesimalgrade reducirte Formel

$$S = \frac{0,48 C (T - t)}{93,3334 - T}.$$

1 Edinburg Phil. Journal N. XXIV. p. 269. Die Gründe dieser Formel finden sich in desselben: Principles of Warming and Ventilating Public Buildings. cet. Lond. 1824. 8. p. 161. im Auszuge in Bibl. univ. XVI. 291. XXVII. 61.

Bringt man in den zu erheizenden Zimmern zugleich einen Ventilator an, so kann vermittelt des eben beschriebenen die von Außen zugelassene, durch das Ventil D regulirte Menge sogleich bei ihrem Eintritte in die Zimmer erwärmt werden. Das warme Wasser fließt in der Regel wieder in den Kessel zurück, und man verliert auf diese Weise nicht viel Wärme. Durch Zuführung des kalten Wassers in denselben zur fortwährenden Heizung, kann übrigens das erwärmte auch zu allhäuslichen Bedürfnissen verwenden¹. Dafs man übrigens Kesseln eine solche Einrichtung geben müsse, wie sie mit geringsten Aufwande von Brennmaterial am vortheilhaftesten geheizt werden können, versteht sich von selbst².

Auch Flüssigkeiten vermittelt hineingeleiteter Dämpfe erwärmen oder auch zum Sieden zu bringen, kannte man so lange; in den neueren Zeiten ist diese Methode aber vorzugsweise empfohlen durch RUMFORD³, und auch an mehreren Orten namentlich zur Heizung der Bäder in Anwendung gekommen. Die Apparate hierzu bestehen im Allgemeinen aus einem Dampfkessel mit einem festschließenden Deckel, in welchem sich ein heberförmig gebogenes Rohr befindet, um die Dämpfe in die zu erheizenden Flüssigkeiten hinüberzuführen, in denen es bis auf den Boden herabgehen mufs, damit nicht die heißen Theile oben statisch schwimmen, und die unteren kalt bleiben. Hierbei zeigt sich das von mehreren beobachtete Phänomen, dafs die Dämpfe am Boden mit einem bedeutenden Getöse und heftiger Erschütterung der Gefäfsse niedergeschlagen werden.

Manche hegen die Meinung, als ob hierdurch eine Ersparung des Brennmaterials erreicht werden könne.

¹ Tredgold a. a. O. Sonst findet man Vorschriften zur Anlage solcher Apparate von StODERASS in Nicholson's Journal 1807. Mai, aus bei G. XXXIII. 895., ausführlich von BUCHANAN in Practical descriptive Essay's on the economy of Combustibles, and the employ of heat cet. Glasgow 1810. 8. Vergl. G. XLVII. 348. Bibl. Brit. XI. 315., von PASCHTZ in: Anleitung zur Beleuchtung mit Steinkohle Wien. 1817. 8. p. 106. ff.

² Vergl. Dampfmaschinen.

³ Journ. of the Royal Inst. I. 84. 3. d. P. LXVI. 121. Bibl. XLIII. 281. G. XIII. 835.

ffentlichen Blättern sollen diese den Beifall der Kenner er-
 en haben ¹. Nicht blofs sollen die Dämpfe die Kugeln auf
 che Entfernungen schleudern, als man bisher vermittelt
 Schiefspulvers dieselben zu werfen vermochte, sondern noch
 er. Sollte sich dieses wirklich bestätigen, so könnte viel-
 it der Grund darin liegen, dafs nach RUMFORDS Versuchen
 aus dem Pulver entwickelten Gasarten durch sehr starken
 ck zum Theil in feste Substanzen verwandelt werden, wel-
 , dann bei den Wasserdämpfen nicht der Fall seyn müfste,
 m man ferner annimmt, dafs die Gewalt, womit das ex-
 hirende Schiefspulver die Kugeln fortschleudert, 2200 At-
 phären beträgt ², so würden nach der Mayerschen Formel-
 gefahr 705° R. oder nahe 881° C. erfordert werden, um
 Wasserdämpfen diese Elasticität zu geben. Man setzt aber
 Schmelzpunct des Eisens auf 7577° und des Kupfers auf
 1118° C., also könnte in beiden Metallen den Dämpfen diese
 geben werden, wobei es aber fraglich ist, ob sie dann
 sion genug behalten, um der erforderlichen Spannung der
 mpfe hinlänglichen Widerstand zu leisten ³. Die Dichtigkeit
 Dämpfe aber würde bei dieser Temperatur $= 0,43236$ seyn,
 des Wassers im Maximo $= 1$ gesetzt, also etwas weniger
 die Hälfte, welche Gröfse gleichfalls keineswegs etwas Un-
 gliches fordert. Es ist indess bei den Untersuchungen über
 Verhalten des Wasserdampfes ⁴ gezeigt, dafs aus entschei-
 den Gründen über 640° oder 650° C. kein Wasserdampf als
 cher existiren könne. Indess entscheidet dieses Argument
 unbedingt gegen die angegebene Anwendung des Dampfes.
 theils nämlich gehört zu dieser Temperatur von 650° C.

¹ Vergl. Fresnel's Urtheil im Bulletin général des Sc. Math. Phys.
 Chim. 1825. Jan. p. 59. Dupin Voyages dans la Grande Bretagne.
 Part. Lib. III. Ch. 6. p. 148.

² Vergl. Ballistik. Th. I. 712.

³ Diese älteren, mit Wedgwood's Pyrometer erhaltenen Bestim-
 mungen sind wahrscheinlich viel zu hoch. Richtiger scheinen die mit
 Reaumur's Pyrometer gefundenen Schmelzpunkte zu seyn, nämlich für
 Kupfer 1118° R. und für Eisen 1532° R. Beide gehen indess über die
 für die Wasserdämpfe erforderlichen Temperaturen noch weit hinaus.
 Vergl. Schmelzen.

⁴ S. Dampf; latente Wärme desselben.

: Dampfkugeln den Ursprung der Winde erklären, indem denselben ganz ernstlich für ein fließendes Wasser der Luft halten ¹, und zu dem nämlichen Zwecke benutzt sie auch auch CARTESIUS ². Diese Ansicht widerlegt WOLF ³, und beschreibt zugleich die Construction der Dampfkugel und die mit derselben anzustellenden Versuche.

Soll eine Dampfkugel, für die damit anzustellenden Versuche zweckmäßiger als die einfache, durch WOLF angegeben, eingerichtet, und zugleich gegen die Gefahr des Zerspringens gesichert seyn, welche nur zu leicht daraus entstehen kann, wenn durch etwas Schmutz in dem gebrauchten Wasser das feine Dampfrohr verstopft wird, so muß sie folgende Beschaffenheit haben. Die Kugel A, 2 bis 3 Z. im Durchmesser haltend, besteht aus geschlagenem, schlaghart gelöthetem Kupfer. Oben auf derselben ist ein mit dem Hahne a versehenes Verbindungsstück aufgelöthet, auf welches das krumme Röhren g, oder auch ein gerades aufgeschoben werden kann. Zur Sicherheit wegen ist dieselbe mit dem Ventile α versehen, welches am besten aus einer flachen, vermittelst der in eine Spitze auslaufenden, und in eine Vertiefung herabgehenden, durch die Feder f niedergehaltenen Schraube k angedrückten Scheibe besteht. Zur bequemerer Manipulirung endlich erhält dieselbe den metallenen Stiel d und die hölzerne Handhabe e.

Mit diesem Apparate lassen sich unter andern folgende, zum Theil schon durch WOLF angegebene Versuche anstellen.

1. Man füllt die Kugel mit Wasser, Weingeist, oder einer sonstigen leicht verdampfenden Flüssigkeit, indem man den Hahn öffnet, sie etwas über Kohlen hält, so daß die in derselben befindliche Luft ausgedehnt wird, taucht dann die Spitze in die Flüssigkeit, bis nach Abkühlung der Luft im Innern der Kugel einige Tropfen in dieselbe eingedrungen sind, verwandelt diese durch abermaliges Erhitzen in Dampf, taucht die Spitze wiederum in die Flüssigkeit, und läßt von der alsdann mit Heftigkeit einströmenden so viel eindringen, als man ver-

1 Ventus est aëris fluens unda ex aeolipilis licet aspicere. Vitruvii de Archit. Lib. I. cap. VI. p. 21. ed. Rode. Berol. 1800. 4.

2 Meteor. Cap. IV. §. 3.

3 a. a. O.

1. Soll hierbei gezeigt werden, daß die siedend heiße Dämpfe alle Luft austreiben, so darf man nur zuerst ein Tropfen mehr eindringen lassen, diese so stark erhitzen, daß der Dampf mit Geräusche einige Secunden aus der Oeffnung dringt, letztere dann schnell in die Flüssigkeit tauchen, wo es sich zeigen wird, daß die Kugel ganz damit angefüllt ist.

2. Legt man die mit Wasser oder einer andern leicht verdampfenden Flüssigkeit etwa bis zur Hälfte angefüllte Asphäre mit geöffnetem Hahne auf Kohlen, so läßt sich die wesentliche Beschaffenheit des alsdann gebildeten Dampfes leicht nachweisen. Zuerst zeigt nämlich das Ausströmen desselben mit lebhaftem Geräusche aus der Spitze seine große Elasticität, wobei man zugleich wahrnimmt, daß dicht vor der Spitze durch Berührung mit der äußeren kälteren Luft ein Theil des Dampfes als minder durchsichtiger Dunst niedergeschlagen, aber durch Aufnahme von Wärme sogleich wieder expandirt wird. In diesen Strom des Dampfes kann man zugleich ein mit geringer Neigung umlaufendes Rad bringen, damit dasselbe nach Art der durch BLANCA angegebenen Dampfmaschine umgetrieben werde. Hält man einen Körper, z. B. eine Thermometerkugel, einen Glasstab, eine metallene Stange u. dgl. in diesen Strom, so zeigt sich sogleich der Uebergang des Dampfes in seinen ursprünglichen, tropfbar flüssigen, Zustand, indem die wiederhergestellte Flüssigkeit von dem Körper in einer viel größeren Menge herabtropft, je leichter derselbe die ihm mitgetheilte latente Wärme des Dampfes ableitet. Bringt man die Flamme einer Kerze oder eine glühende Kohle in diesen Strom, so wird der Dampf die erstere nur dann auslöschen, wenn er den Docht selbst trifft, sonst aber werden beide nicht ausgelöscht werden, indem der Dampf hier als expansible Flüssigkeit wirkt, wobei jedoch das Nichtverlöschen als eine Folge des zugleich mechanisch mit fortgerissenen Luftstromes anzusehen ist, indem der Wasserdampf selbst das Brennen nur dann zu erhalten die Fähigkeit besitzt, wenn die Hitze des Körpers, auf welchen er strömt, stark genug ist, um ihn zu zersetzen und den Sauerstoff mit sich zu verbinden, worauf dann das entwickelte Wasserstoffgas mittelst des Sauerstoffgases der atmosphärischen Luft mit Flamme verbrennen könnte. Ein diesem ähnlicher Proceß zeigt sich, wenn fein vertheiltes

ser in ein heftig brennendes Feuer gespritzt wird. Dafs nach eine Aeolipile auch als blasende Vorrichtung zur Unterhaltung des Feuers bei Schmelzöfen angewandt werden können, bestreitet Hurton zwar ¹, allein es ist dessen ungeachtet thig, und auch in der Wirklichkeit ausgeführt, obgleich solche Vorrichtung aus anderweitigen Gründen im Grofsen nicht wohl mit Vortheil benutzt werden kann.

3. Wird die Spitze der Aeolipile während des Ausströms von siedendheifsem Dampfe in ein Gefafs mit Wasser gehalten, so giebt der Dampf seinen latenten Wärmestoff an die-
 selbe, erhitzt dasselbe, und bringt es zum Sieden. Setzt man es einige Zeit fort, so läfst sich durch diesen einfachen Versuch anschaulich machen, auf welche Weise man den Dampf Heizmittel zum Sieden benutzen könne ².

4. Dieses Verfahren führt unmittelbar zu einer Reihe wichtiger physikalischer Versuche, nämlich zur Bestimmung der latenten Wärme der Dämpfe von verschiedenen Flüssigkeiten. Die Methoden, wonach dieses geschehen könne, sind ausführlich beschrieben ³, und es genügt daher hier die Bemerkung, dafs es für diesen Zweck vortheilhaft ist, die Vorrichtung so einzurichten, dafs sie von der Aeolipile abgenommen werden kann, damit das Gewicht der letzteren nicht gröfs sey.

5. Minder unmittelbar ist die Aeolipile geeignet, die Dichtigkeit des Dampfes zu bestimmen, welche eine dem Feuer ausgesetzte Fläche von gegebener Gröfse in einer gewissen Zeit ausströmen vermag. In diesem Falle aber wird die mit Wasser gefüllte Aeolipile zuerst gewogen, dann mit offenem Hahn so lange auf das Feuer gelegt, bis das Wasser die Siedehitze erreicht hat, und der Dampf ausströmt, dann der Hahn geschlossen, die Aeolipile abermals gewogen, wieder auf das Feuer bis zur Siedehitze des Wassers gebracht, der Hahn geöffnet, und nachdem der Dampf die gemessene Zeit frei ausströmt und der Hahn wieder verschlossen ist, die Aeolipile abermals gewogen, worauf der Unterschied beider Gewichte die

¹ Dictionary. Art. Aeolipile.

² Vergl. Dampf. Anwendung desselben.

³ S. Dampf; latente Wärme desselben.

Menge des verdampften Wassers giebt. Auch zum Messen der Quantität des Dampfes von gegebener Dichtigkeit, wenn aus einer Oeffnung von bestimmter Grösse in einer gegebenen Zeit ausströmt, kann die Aeolipile angewandt werden, nachdem am andern Ende aber in derselben ein Thermometer befindlich seyn muß, um die jedesmalige Temperatur, und die dieser entsprechende Dichtigkeit und Elasticität des Dampfes zu kennen.

6. WOLF¹ schlägt ganz sinnreich vor, man solle die Aeolipile mit wohlriechendem Wasser füllen, und auf einen Tisch legen, so würden die Zimmer, worin dieses geschieht, mit Wohlgerüchen erfüllt werden. Es läßt sich nicht verkennen, daß dieses ein sehr brauchbares Mittel ist, den Geruch der flüchtigeren tropfbarer Flüssigkeiten schnell zu verbreiten, dürfte es doch zu weitläufig seyn, die Aeolipile hierzu zu brauchen.

7. Eben derselbe giebt an, man könne vermittlest der Aeolipile einen Springbrunnen erhalten, wenn man dieselbe liegend erhitze, daß die Flüssigkeit die Mündung des Rohres bedecke, und auf diese Weise durch den Druck des Dampfes aus demselben in die Höhe getrieben werde. Es dürfte es der Fall seyn, daß man auf diese Weise eine Fontaine zu bilden beabsichtigen könnte. Indefs kann man leicht Flüssigkeiten aus einer Aeolipile bringen, welche sonst durch den Gegendruck der Luft darin zurückgehalten wird, wenn man dieselbe über Kohlen in eine solche Lage bringt, daß der durch die gebildeten Dämpfe die Flüssigkeit aus der engen Rohrmündung wödhin leicht ein fontainenartiger Strahl gebildet wird. Wenn man sonst ernstlich die Aeolipile als Springbrunnen gebrauchen will, so würde es viel besser seyn, derselben die Gestalt einer Dampfmaschine zu geben, wie DE CAUS seiner sogenannten Dampfmaschine². WOLF erwähnt zugleich, daß er den aus der Aeolipile strömenden Dampf von Weingeist entzündet habe, und er ihn durch eine Lichtflamme trieb, wobei derselbe bloß so lange brennt, als er die Lichtflamme durchströmt, nach der Entfernung derselben aber verlöscht. Dieses allerdings

1 a. a. O.

2 S. Dampfmaschine, Savery's.

essante Schauspiel hat einige Aehnlichkeit mit der sogenannten Feuerfontaine ¹.

8. Endlich benutzt man den Dampfstrom aus einer Aeolipile statt eines Luftstromes zur Erhaltung eines Lampengebläses, wobei man sich indess wohl ausschliesslich blofs der Weinstädämpfe bedient ². M.

Dampfmaschine.

Feuermaschine; *Machina ope vaporum mota*; Maschine à feu, machine à vapeur; *Steam engine*; nennt man diejenigen Maschinen, welche durch Dampf in Bewegung gesetzt werden. Bei der ausserordentlichen Menge und Verschiedenheit derselben ³ den verschiedenen Principen, worauf sie beruhen und dem oft sehr künstlichen Baue des Ganzen und der zahlreichen einzelnen Theile ist es nicht füglich ersehbar, diesen Gegenstand hier vollständig abzuhandeln; kein wegen der Wichtigkeit derselben für Physik, Technologie und Fabrikenwesen und bei dem allgemeinen Interesse, welches sie wegen ihrer vielfachen Anwendung, insbesondere in den neuesten Zeiten, erregt haben, werde ich suchen die vorzüglichsten Erfindungen nebst späteren Verbesserungen namhaft zu machen, zugleich aber nur diejenigen näher zu erläutern, welche wegen ihrer praktischen Anwendbarkeit eine genauere Beschreibung verdienen ⁴. In sofern aber auch das Geschichtli-

¹ S. Springbrunnen.

² Vergl. Lampengebläse.

³ Nach C. F. PARTINGTON Historical and descriptive Account of the Steam Engine cet. Lond. 1822. 8. p. XIV. befanden sich damals weitens 10000 Dampfmaschinen in Grossbritannien, welche die Arbeit in mehr als 200000 Pferden verrichten, zu deren Unterhalt über eine Million Acker Land, also so viel erforderlich seyn würde, als wovon 100000 Menschen leben können.

⁴ ROBERT STUART in A descriptive History of the Steam Engine. Lond. 1824. 8. p. 192. sagt über den Nutzen derselben für England: It would be difficult to estimate the value of the benefits which these inventions have conferred upon the country. There is no branch of industry that has not been indebted to them, and in all the most material, they have not only widened most magnificently the field of its exertions; but multiplied a thousand fold the amount of its production. II. Bd.

che der Erfindung und allmäligen Verbesserungen dieser merkwürdigen Maschinen an sich interessant ist und der Zukunft aufbewahrt zu werden verdient, scheint es mir am zweckmäßigsten, die verschiedenen Arten derselben, wie sie ursprünglich angegeben und allmählig vervollkommen sind, bis auf die jetzigen Zeiten herab zusammenzustellen ¹.

1. Maschinen, bei denen der Dampf durch Blasen und Reaction wirkt.

Diese Art, die Kraft der Dämpfe zu benutzen, die älteste und schon durch HERON VON ALEXANDRIEN in Vorschlag gebracht, hat ohne Zweifel die Erfindung der Dampfmaschinen Fig. 122. veranlaßt. HERON ² schlägt nämlich vor, auf dem Altare der blechernen Kapsel a b Feuer anzuzünden, damit die aus demselben durch die lothrechte Röhre c d und die hiermit verbundenen horizontalen Röhren $\alpha, \alpha, \alpha, \alpha$ ausströmende Luft (oder Dampf) die auf der Spitze β bewegliche Scheibe umtreiben möge, so daß die auf derselben befindlichen Thiere im Chore zu tanzen

tions. It is our improved Steam Engine that has fought the battles of Europe, and exalted and sustained through the late tremendous contest, the political greatness of our land. It is the same great power which now enables us to pay the interest of our debt, and to maintain the arduous struggle in which we are still engaged, against the skill and capital of all other countries. But these are poor and narrow views of its importance. It has increased indefinitely the mass of human comforts and enjoyments, and rendered cheap and accessible, all over the world, the materials of wealth and prosperity.

1 Es giebt eine große Menge einzelne Aufsätze, die Geschichte der Dampfmaschinen betreffend. Fast alle beschreibende Werke derselben enthalten als Einleitung auch das Geschichtliche, außerdem aber findet man dasselbe unter andern in Gren N. J. I. 62 u. 114. Nicholson J. I. 419. daraus bei G. XVI. 129. u. a. a. O. Eine sehr vollständige Beschreibung der verschiedenen Maschinen aber und ihrer einzelnen Theile, durch vortreffliche Zeichnungen erläutert, giebt Borgnis *Traité de Mécanique appliquée aux Arts*. Par. 1818. Composit. des Machines. p. 88. Minder vollständig, aber dennoch sehr umfassend ist Christian *Mécanique industrielle*. III vol. 4. Par. 1822. bis 1825. vol. II. Praktisch sehr brauchbar ist C. Bernoulli *Anfangsgründe der Dampfmaschinenlehre*. Basel 1824. I vol. 8. mit 9 Tafeln in Steindruck.

2 Heronis Alex. *Spiritualium liber*. Amst. 1680. 4. p. 88.

enen. Noch eigentlicher gehört hierher ein anderer Vorrath von eben demselben ¹. In dem Gefäße A befindet sich ein Feuer, welches durch untergelegtes Feuer in Dampf verwandelt wird, in dieser Gestalt dann durch die Röhre a b in die Kammer C gelangt, und aus den Spitzen α , α ausströmend diese rotirende Bewegung versetzt: Fig. 123.

Obgleich der ausströmende Wasserdampf eine nur unbedeutende Gewalt hat, und daher ohne unverhältnißmäßigen Verbrauch von Brennmaterial keine Maschine in Bewegung zu setzen, mithin auch auf die angegebene Weise durchaus nicht zu Vorthail benutzt werden kann, so ist dennoch dieser Mechanismus sehr häufig wieder aufs Neue in Vorschlag gebracht. Wird indess aus diesem Grunde genügen, alle diese Vorrichtungen nur mit wenigen Worten anzuzeigen. Von ähnlicher Art ohne Zweifel die Maschine, welche MATTHESIUS in seiner bekannten dunkeln Stelle über eine Feuermaschine andeutet, denn um die nämliche Zeit wird von dem Italiäner BORGHINI in einem seltenen Buche ³ eben diese Vorrichtung zum Kochen der Bratspieße mit dem Zusatze empfohlen, daß dann die Küchenjungen nicht mit ihren unreinen Fingern die Brühe kosten könnten. WATT versuchte diese Art von Dampfmaschine ebenfalls zu benutzen, allein die Wirkung war bei der geringen Menge des erforderlichen Brennmaterials so geringe, daß die Idee bald wieder ganz aufgab ⁴. Ganz dem SEGNER'schen Wasserrade oder der BARKER'schen Mühle ähnlich ist der Apparat mit zwei auf demselben normalen Armen, aus deren Enden der Dampf ausströmen soll, während das Wasser im Kessel siedet, nach MUSSCHENBROEK's Vorschlage ⁵. Etwas abgewandelter, im Ganzen aber auf den nämlichen Grundsatze beruhend ist die Maschine, worauf SADLER 1791 sich

¹ Heronis Alex. Spiritualium liber. p. 66.

² Bergpostille oder Sarepta. Nürnberg. 1562.

³ Opera di Bartolomeo Scappi cet. In Venetia 1570. Dieselbe Maschine ist beschrieben in einem 1597 zu Leipzig gedruckten Buche von Stuart a. a. O. p. 4.

⁴ Rees Cyclop. Art. Steam Engine.

Introd. §. 1469.

ein Patent geben liefs¹. Am bekanntesten, vielleicht wegen der Celebrität ihres Erfinders, ist die von v. KERNER² ergebene Maschine geworden. Sie besteht bloß aus einem Dampfkessel mit einem, durch einen Hahn verschließbaren Hahn auf dessen Mündung ein Rohr mit zwei nach entgegengesetzten Seiten ausgehenden Spitzen horizontal aufliegt, und durch Reaction des aus den Spitzen strömenden Dampfes umgedreht wird³. Von allen auf diese Weise construirten Maschinen läßt sich indess kein praktischer Nutzen erwarten, und sie können daher nur ein geringes geschichtliches Interesse haben.

Der zweckmäßigste Apparat, vermittelt dessen man die Art der Dampfmaschinen und die Wirksamkeit des Dampfes denselben auf eine leichte und interessante Weise anschaulich machen kann, ist eine Art *Dampfkugel*, welche PASTEUR zur Erklärung der elektrischen Spindel beschrieben hat. Nach seiner Vorschrift⁴ bedient man sich hierzu einer kupfernen Kugel mit zwei kleinen, im Aequator derselben diametral einander gegenüber angebrachten, nach einer Seite umgebogenen Röhren. Wird diese Kugel zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und an einem ihrer Pole an einem nicht gewirnten Seidenfaden einigen Faden Länge aufgehängt und über Kohlen erhitzt, geräth sie nach der Theorie des Segnerschen Wasserrades in stark rotirende Bewegung. PRIESTLEY behauptet, sie drehe sich hierbei stets nach der nämlichen Richtung herum, so während das eingeschlossene Wasser siedet und der Dampf aus den Spitzen bläst, als auch wenn nachher die Luft wieder in den leeren Raum dringt. Allein diese Behauptung steht der Theorie und der Erfahrung zuwider, und wo es der Fall seyn scheint, eine Folge des Beharrens der Kugel bei der einmal erhaltenen Rotation. Hiervon kann man sich überzeugen, wenn man eine kleine, höchstens 1,5 Z. im Durchmesser haltende Kugel wählt, etwas Alkohol hineinbringt, die Kugel dem genannten Seidenfaden über eine Weingeistlampe hält, und nachdem der Alkohol fast vollständig verdampft,

1 Repertory of Arts. III. Stuart 152.

2 Mém. de l'Ac. de Prusse. 1750 n. 51. Vergl. Langsdorfs buch d. Maschinenlehre. I. 174.

3 Geschichte d. Elektr. übers. durch Krünitz. p. 279.

ardurch die Kugel in eine sehr starke Rotation anhaltend versetzt ist, sie schnell in ein Glas mit kaltem Wasser taucht, jedoch so, daß sie auch hierin am Faden schwebend getragen wird, worauf sie dann bald stillstehen, und noch im Wasser verharren auch, wenn man sie schnell wieder herauszieht, in der Richtung eine Drehung nach entgegengesetzter Richtung erhalten wird.

Weil es etwas unbequem ist, die Kugel eine längere Zeit vor einer Weingeistlampe schwebend zu erhalten, so habe ich diesen Apparat auf eine Weise eingerichtet, daß dieses letztere vermieden wird, der zuletzt beschriebene Versuch aber dennoch angestellt werden kann. Eine Kugel Q von dünnem Messing hart gelöthet, trägt oben das flache, an den Enden in zwei, rechtwinklich nach entgegengesetzten Seiten umgebogene Röhren α, β auslaufende Rohr b b, welches deswegen statt der am Äquator der Kugel befindlichen Röhrrchen vielmehr in ihrer oberen Pole angebracht ist, weil sonst der durch die Rotationsbewegung seitwärts getriebene Weingeist aus denselben geschleudert wird. In der Mitte ist dieses flache Rohr durchbohrt, mit einem etwas dickeren Stückchen Messing versehen, welches, nach der Einfüllung von etwas Weingeist in die Kugel, das Stück d d mittelst eines umgewundenen Hanfsechens geschroben, und somit die Kugel dampfdicht verschlossen wird. Dann wird die Kugel auf der Spitze e über der Weingeistlampe c c balancirt, oben mittelst der herabhängenden, am horizontalen Drahte g g befindlichen Spitze k gehalten, der Draht selbst aber mit seinen Röhrrchen h h an die cylinderische Weingeistlampe gelötheten Stangen f herabgeschoben. Zündet man demnächst die beiden kleinen Lichter der Weingeistlampe an, so wird die Kugel in eine schnelle drehende Bewegung versetzt werden; will man aber nachher erfolgende, rückwärts gehende, Drehung gleichfalls zeigen, so darf man die Kugel nur durch Festhalten zum Stillstehen bringen, die Lämpchen ausblasen, und es wird die entgegengesetzte Drehung sogleich erfolgen, wenn die Kugel, statt Dampf auszustoßen, die Luft einzieht. Sonst kann man auch die Kugel an einem Faden aufhängen, welcher durch das Hakenstückchen im Stücke d d gebunden wird, und den Versuch auf die oben beschriebene Weise anstellen.

Fig.
124.

Unter diese Classe von Maschinen kann man ferner diejenige rechnen, welche G. BRANCA in Vorschlag brachte, gleich bei derselben der blasende elastische Dampf die Umlaufen eines Rades bewirken soll ¹. Sie besteht in der Gestalt aus einer Aeolipile A, welche auf Kohlen den Wasserdampf gegen das Rad B bläst, und dieses h umtreibt. Auch hierbei ist der Nutzeffect für die Anwendung viel zu geringe.

Fig. 125.

2. Savery's Dampfmaschinen.

Man hat diesen Namen denjenigen Maschinen gegeben, welchen mittelst des niedergeschlagenen Wasserdampfes ein leerer Raum entsteht, in welchem die atmosphärische Luft ihren Druck das Wasser emporhebt. Insofern indessen diese Maschinen das Wasser nach dem Anheben durch den atmosphärischen Luftdruck auch durch den wieder hinzutretenden Dampf in die Höhe gedrückt wird, so verdient die von DE CAUS gegebene um so mehr hierzu gezählt zu werden, als es scheinlich die nächste Veranlassung zu den späteren Verbesserungen gab. Sie besteht aus der metallenen Kugel C, welche den Trichter a mit Wasser gefüllt, dann erhitzt wird, der entstehende Dampf das Wasser aus der Röhre c in die Höhe treibt. Hierher gehören gleichfalls die etwas verbesserten Maschinen, aus metallenen Kasten bestehend, durch die Sonnenwärme die Luft ausgedehnt, hierdurch das Wasser angehoben, nach dem Erkalten aber mittelst schließender und sich öffnender Ventile wieder in den niederen Stand gebracht werden soll ³. Von dem größten Theile, oder meinsten dieser Erfindungen mußte der MARQUIS VON NEWCOMEN Kenntniß haben, als er in seiner *Century of Inventions* viel über die wunderbaren Wirkungen der von ihm er

¹ Le Machine diverse del Signor Giovanni Branca. R. fol. pl. XXV.

² Les Raisons des Forces mouvantes avec divers desseins. Par. 1624. fol. Isaac de Caus New Invention of Water. Lond. 1704.

³ Stuart a. a. O. p. 6.

ampfmaschinen redete ¹. Dieser Marquis, welcher fast allgemein für den ersten Erfinder der Dampfmaschinen gilt, und von einigen, namentlich DESAGULIERS weit über SAVERY gestellt wird, dem letzterer aus Eifersucht die Exemplare jener Schrift aufgefressen und vernichtet haben soll, um selbst als Erfinder zu gelten ², welchen noch PARTINGTON ³ MILLINGTON ⁴ u. a. für ein solches Genie halten, dessen Erfindungen man mit Unrecht vernachlässigt habe, wird von ROBISON ⁵, vorzüglich aber von HART ⁶ vielmehr für einen prahlerischen Schwärmer ausgegeben, von welchem es noch zweifelhaft sey, ob er den bekannten Vorschlägen zu solchen Maschinen überhaupt etwas Eigenes hinzugefügt habe. So viel ist gewiß, daß weder in der angegebenen Schrift, noch auch in einer andern ungedruckten ⁷ irgend eine verständliche Angabe solcher Vorrichtungen enthalten ist. Die Kraft der Dämpfe im Allgemeinen konnte ihm nicht unbekannt seyn, und es ist daher eine leere Erzählung, wenn es heißt, der Marquis habe in der Gefangenschaft sein Essen in einem eng verschlossenen Gefäße bereitet, dessen Deckel plötzlich im Camine empor geschleudert sey, und ihn auf diese Ge-
 heime aufmerksam gemacht habe ⁸. Was man später aus WORCHESTER'S Angaben herauszubringen suchte, kommt im Wesent-

¹ Marquis of Worcester's A Century of the names and scantlings of such inventions as at present I can call to mind to have tried and succeeded. Lond. 1668.; zuerst gedruckt 1683.; (wahrscheinlich von Desaguliers) 1746; 1786; Glasgow 1767; von J. Buddle 1813. in 12. abgedruckt in Gregory's Mechanik Th. 2.

² Experim. Phil. II. 466.

³ a. a. O. p. 5.

⁴ Epitome of Nat. Phil. 1823. Vol. I.

⁵ Encycl. Brit. art. Steam Engine.

⁶ a. a. O. p. 10.

⁷ An exact and true Definition of the most stupendous Water-Raising Engine, invented by the Right Honorable Edward Somerset Lord Marquis of Worcester, and by his Lordship himself presented to his most excellent Majesty Charles the second; our most gracious Sovereign. 20 pag. 4. in den Mspt. des Britischen Museums N. 1.

⁸ Ebendasselbst befindet sich das Mspt. der Century of Inventions.

⁹ Buchanan Treatise on Propelling Vessels by steam. Glasgow 1823. p. 16.

Dampfmaschine.

lichen auf DE OLIV's Erfindungen zurück". "Wohl wick sind dagegen die Vorschläge von SAMUEL MORSELAND, welcher um 1682 am Hofe Ludwigs XIV. Unterstützung für den von Maschinen suchte, welche das Wasser vermittelst der Dämpfe heben sollten. So unvollkommen auch seine Angaben über sind", so geht doch soviel deutlich hervor, das Mor die ersten sehr wichtigen Versuche über die Expansionskraft der Wasserdämpfe angestellt habe. Nach seiner Annahme nimm die einen 2000mal größeren Raum als das Wasser und ihre Elasticität steigt mit zunehmender Wärme, bis sie den Widerstand der Cohäsion überwindet. Indem hierbei die Anwendung des Dampfes nicht näher bestimmt, sondern die Stärke seines Druckes gegen eine gegebene Fläche angegeben so konnte in MORSELAND's Vorschläge auch die spätere Newcomen'sche Idee enthalten seyn".

Will man die Sache unparteiisch würdigen, so ist es zweifellos, das die Ehre der Erfindung der Dampfmaschine zwischen DROUIN PAPIUS und SAVEY, wovon der erste Gegenstand zwar in größerer Allgemeinheit auffaßt, aber nicht praktisch ausführt, der letztere dagegen durch sofortige praktische Ausführung den künftigen Generationen einen nicht zu berechnenden Vortheil verschaffte. PAPIUS kannte bei aller zuerst die Kraft der Wasserdämpfe, wandte dieselben aber zunächst nur als Auflösungsmittel der Knochen seit 1684 an. Indes kam er bald nachher auf eine andere Idee, nämlich mittelst der Luftpumpe ein Vacuum zu bilden, dieses auf Strecken fortzupflanzen, und dann den Luftdruck als bei

1 Man hat mehrere Constructionen solcher Maschinen in unendlichen Beschreibung entworfen, z. B. DESAULNIER's, wozu kürzlich ist dieses geschehen in Brewster's Edinb. Journ. of Sc. Allein hierbei hat man in der unverständlichen Angabe stets gefunden als darin liegt. Vergl. G. XVI. 129.

2 Das Mspt. seines Memoirs befindet sich im Britischen Museum Nr. 5771, enthält 22 S. 4, worin nur 4 Seiten von den Dampfmaschinen handeln. S. Stuart p. 22. Partington a. a. O. p. 8.

3 Vergl. J. d. P. XCVI. 399.

4 S. Digesius.

Mittel zu benutzen¹. Weil aber zum Bewegen der Luft-
 pe nicht allezeit eine bewegende Kraft, z. B. ein Fluß in
 Nähe ist, so schlug er später vor², das Vacuum durch ent-
 zündetes Schießpulver zu erzeugen, oder hierdurch den Embolus
 zu heben; und als er die Schwierigkeiten eines solchen Ver-
 tens einsah, gab er 1690 die Idee an, den leeren Raum durch
 verdampftes und nachher wieder niedergeschlagenes Was-
 ser hervorzubringen, welchen Vorschlag er später weiter erläu-
 erte³, aber, so weit bekannt ist, nie praktisch im Großen aus-
 führte. Man darf also die erste Idee sowohl der atmosphäri-
 schen Dampfmaschinen, als auch der mit einem Balancier al-
 lerdings dem PAPINUS zuschreiben, wenn sich auch nicht
 Gewissheit erweisen läßt, daß er von SAVERY's Erfindung
 keine Kenntniß gehabt habe; und auf allen Fall verdankt
 ihm das Sicherheitsventil⁴.

SAVERY's Maschine ist erweislich eine ihm eigenthümlich
 gehörige Erfindung, worauf ihn bei leidenschaftlicher Vor-
 setzung für alle, hauptsächlich aber für hydrostatische und hydrau-
 lische Maschinen eine zufällige Beobachtung führte. Er hatte
 nämlich eine Weinflasche, worin sich noch eine geringe Menge
 Wein befand, erhitzt, und dann die Oeffnung ins Wasser ge-
 setzt, welches mit großer Gewalt in dieselbe drang⁵. Dieses
 Phänomen ist eigentlich die Grundlage seiner Maschine, und
 auch DESAGULIERS dasselbe als unzulässig bestreitet, so zeigt
 er⁶ sehr richtig, daß es nothwendig erfolgen mußte,
 wenn DESAGULIERS aber falsch experimentirt haben müsse, als er die-
 selbe nicht fand. Zu welcher Zeit SAVERY seine ersten Maschi-
 nen nach dieser Einrichtung unter großen Schwierigkeiten,

¹ Acta Erud. Lips. 1685. p. 410. Vergl. Nouvelles de la Républi-
 que des Lettres. 1687. Juni. Jahrb. d. Polyt. Inst. I. 160.

² Acta Erud. 1688. p. 644.

³ Recueil des diverses Pièces touchant quelques nouvelles Machi-

⁴ Cassell 1695. Phil. Trans. 1697. p. 483. Ars nova ad aquam ignis
 periculo efficacissime elevandam. Cassellis 1707. 4.

⁵ Millington Epit. p. 255. d. Uebers. I. p. 300.

⁶ Desaguliers. Exper. Phil. II. 466. Nach Switzer Introduction to
 a General System of Hydrostatics cet. 1729. II Vol. I. 324. machte er
 einen Versuch mit einer Tabakspfeife.

⁶ Mech. Phil. II. 48.

welche die Ungeschicklichkeit der Arbeiter erzeugte, aus ist nicht genau bekannt, indess hatte er schon einige verfallen, als er 1696 eine Beschreibung derselben herausgab. Jahre darauf ein Patent erhielt und 1699 sich gegen verschiedene Einwürfe zu vertheidigen suchte, worunter sich aber, daß er seine Erfindung vom MARQUIS von WORCESTER entlehnt habe, nicht mit befand ¹. Versuche mit einer Modelle seiner Maschine machte er in Gegenwart des Königs LIAM zu HAMPTON-COURT und vor der Kön. Societät in 1699, welche beifällig aufgenommen wurden ². SAVERY derte seine Maschinen nach Erforderniß in außerwesentlichen Stücken ab, und es wurden verschiedene im In- und Aus nach seinem Plane ausgeführt. Eine Unbequemlichkeit besteht darin, daß die Hähne mit der Hand gedreht werden müssen, welches aber durch einen, die Heizung, zu besorgenden Knaben leicht geschehen kann. Eine der Einrichtungen der SAVERY'schen Maschine aber ist die, welche PONTIFEX ihr neuerdings gegeben hat ³. In der Fig. 127. welche einen lothrechten Durchschnitt der Maschine darstellt, sind b, b zwei metallene Gefäße, von deren Inhalte die Höhe des geförderten Wassers abhängt. Einer derselben zeigt sich in der Seitenansicht, in beiden Figuren aber sind die gleichen Theile mit gleichen Buchstaben bezeichnet. Der Dampf dringt durch diese Behälter durch die Röhre d, je nachdem das Schieber (Sliding valve) α nach der einen Seite oder nach der andern gewandt ist, in den Behälter rechts oder links. Beide durch die Ventile i, i, mit der in das Wasser herabgehenden Röhre h, und durch die beiden andern I, I mit der aufsteigenden l in Verbindung; f, f mit den Steigbügeln g, g herabgehende Röhren, durch deren feine Löcher der Dampf und auch das zur Abkühlung bestimmte Wasser in die Behälter gelangt. Soll die Maschine in Gang kommen, so wird das 2 gedrehet, und vermittelst des leicht erklärlichen Mechanismus

¹ Beide Schriften sind vereinigt in The Miner's Friend. 170

² Phil. Trans. 1699. XXI. 228. Vergl. Act. Erud. 1700. Leopold Theat. Mach. gen. Tab. LII. Weidler Tract. de Mach. p. 84.

³ Partington. p. 12.

Ventil so geschoben, daß der Dampf in den einen Behälter tritt; während der Zugang zum andern verschlossen ist. Die im Behälter befindliche Luft entweicht durch das Ventil I aus Röhre l, und wenn man den ganzen Behälter mit Dampf füllt glaubt, wird das Rad 2 nach der andern Seite gedreht, worauf der Dampf in den andern Behälter gelangt, wähenach Oeffnung des Hahns s aus einer Cisterne mit Wasser, in die Maschine steht, das Kühlwasser durch das enge Rohr n m in den ersten Behälter dringt, den Dampf in demselben niederschlägt und hierdurch einen leeren Raum erzeugt, so daß das Wasser aus der Röhre h durch das Ventil i und die Ventile n denselben füllt. Während dieser Zeit ist der zweite Behälter mit Dampf gefüllt, und indem man das Ventil wieder in seinen ersten Stand drehet, tritt bei diesem der nämliche Vorgang ein. Der nunmehr in das erste Gefäß wieder eindringende Dampf drückt auf das in demselben befindliche Wasser, presst dasselbe durch das Ventil I und die Röhre l zu der höchsten Höhe. Sind hiernach die Kammern n n mit Wasser gefüllt, so öffnet man den Hahn y, worauf Wasser durch die Röhre re u u in das Gefäß v läuft, dieses füllt, und herabsinken läßt, wodurch dann das Rad 2 umgedreht, und das Ventil auf die andere Seite geschoben wird. Das herabsinkende Gefäß stößt auf einen Stift, welcher eine Klappe im Boden desselben öffnet, und das Gefäß entleert sich von selbst, indem nach Beendigung der Kammer n und wieder anfangender Condensirung des Dampfes das Ventil w sich schließt. Durch eine gleiche Vorrichtung wird das zweite Gefäß x gefüllt und geleert, so daß die Maschine ist also mit einer Selbststeuerung versehen. Endlich in der Cisterne nicht hinlängliches Wasser vorhanden, so wird der Hahn p geöffnet, und es füllt sich dasselbe, wenn der aus einer der Kammern n durch die Röhre o m', ist sie überfüllt, so hebt ein darin befindlicher Schwimmer ein Ventil, und sie entleert sich bis zur erforderlichen Höhe.

Der mehrerwähnte PAPINUS kannte SAVERY's Erfindung, gab eine eigene Construction derselben an, bei welcher ein Dampfbehälter angebrachter hölzerner Schwimmer, auf welcher der Dampf drückt und das Wasser herauspresst, deswegen eine vortheilhafte Zugabe angesehen werden darf, weil dann Dampf weniger vom Wasser absorbirt wird, und seine Ela-

sticität wegen schlechter Wärmeleitung des Holzes sich wirmer zeigen kann. Ausserdem aber brachte er bei dieser Maschine zuerst das Sicherheitsventil an ¹.

DESAGULIERS ² veränderte die Savery'sche Maschine wenig, indem er statt zweier Behälter nur einen nahm, der Dampf während des Aufsteigens des Wassers in denselben eine höhere Elasticität erhalten und das Wasser, ohne abgelassen zu werden, schneller vor sich hertreiben sollte. Das zum Dichten des Dampfes bestimmte Wasser leitete er aus der Hinauftreibung desselben bestimmten Röhre durch ein Rohr in die Eröffnung eines Hahns in den Behälter, wobei es zugleich ein Sieb fiel, um sich besser auszubreiten. Eine solche Maschine unter andern liess er für PETER DEN GROSSEN in seinem Garten in Petersburg 1718 verfertigen, welche das Wasser 29 F. aufzog und dann noch 11 F. in die Höhe trieb. Bei dieser andern Maschine hing ein unwissender Arbeiter ausser dem gehörigen Gewichte noch ein dickes Stück Eisen an das Hebelende, der Kessel zersprang und tödtete den Arbeiter. Zu dieser Classe von Maschinen gehört auch die von BOSFRAND, wiewohl WEIDLER ³ beschreibt. LEUPOLD ⁴ schlägt vor, den Dampf nicht abzukühlen, und dadurch ein Saugen zu bewirken, indem die Maschine so anzubringen, dass das Wasser durch den statischen Druck die Stiefel füllt, und durch die Elasticität des Dampfes in die Höhe getrieben wird. Dass dieses nur da angeht, wo Wasser aus einem Flusse oder Teiche geholt werden soll, versteht sich von selbst. GENSENNE ⁵ zeigt einen sinnreichen Mechanismus, sowohl das Ventil des Dampfrohres als auch den Hahn des Injectionsrohres bei DESAGULIERS Maschine durch eine Selbststeuerung zu bewegen, welche durch zwei aus der Steigröhre des Wassers abwechselnd gehende und dadurch niedersinkende, an einem Hebel befestigte nach dem Niedersinken sich selbst entleerende Kasten bewirkt wird.

¹ D. Papini Ars nova ad aquam ignis adminiculo efficacissimam. Cass. 1707. 4.

² Cours de Phys. II. 568.

³ Tract. de Machin. hydr. p. 84.

⁴ Theatr. Mach. II. Tab. 30.

⁵ Machines Approuvés. VII. 300. Mém. de l'Ac. 1744.

Der Portugiese DE MOURA legte um die nämliche Zeit der Kön. Societät in London ein Modell einer andern Steuerung vor, welche in einem hohlen kupfernen Schwimmer im Behälter selbst stand, an welchem eine Stange befestigt war, um beim Steigen und Sinken desselben einen Hebelarm zu heben, und durch diesen die Hähne zu öffnen und zu schließen ¹. Allein die atmosphärischen Dampfmaschinen wurden für so viel wirksamer gehalten, daß man die Erfindung nicht sehr beachtete. Eben dieses Schicksal hatte BLAKEY'S Maschine, welche sich dadurch unterscheidet, daß zwei Behälter über einander angebracht sind, um das einmal erwärmte Wasser mit einer darauf schwimmenden Lage von Oel als schlechten Wärmeleiter stets zu erhalten, indem dieses aus dem unteren Behälter in den oberen steigt, der untere sich aber mit frischem aus der Zuleitungsrohre füllt, wenn der Dampf condensirt wird, dann aber auch zugelassenen Dampf in den unteren, und das hierin befindliche Wasser in der Steigrohre hinaufgedrückt wird, eine in der ganzen nicht zweckmäßige Einrichtung. Statt des Kessels brauchte er mehrere, schräg in einem Ofen liegende Röhren ². Mit einer sinnreichen, aber nur eine eingeschränkte Anwendung zulassenden Steuerung versah FRANÇOIS in Lausanne die obige Maschine, welche er zur Austrocknung der Sümpfe bei Lausanne vorschlug ³. Das ausgeleerte Wasser floß nämlich in einen in der Mitte balancirten Trog, welcher dadurch an einer Waage das Uebergewicht erhielt, umschlug, sich dadurch von dem Trog entleerte, zugleich aber vermittelst zweier an seinen beiden Enden angebrachter Stangen die beiden Ventile des Dampfzuges und der Förderungsrohre öffnete und schloß. NANNINGHAM änderte 1799 die Saverysche Maschine dahin ab, daß er mit dem Dampfraume einen abgesonderten Condensator verband, außerdem nach einem von SAVERY schon geäußerten Vorschlage das geförderte Wasser auf ein overschlächtiges Wasserrad fallen lassen wollte, um dieses umzutreiben ⁴. Indefs

1 Smeaton in Phil. Trans. 1752. XLVII. 437.

2 Blakey sur les Pompes à feu. Amst. 1774. 4.

3 Mémoires de la Soc. des Sciences phys. de Lausanne. IV Vol. L. 51.

4 Transact. of the American Phil. Soc. IV. 348. Repert. of Arts KIV. 329. Phil. Mag. IX. 300.

ist dabei keine Selbststeuerung angegeben, und so ist die sinnreich ausgedachte Maschine dem jetzigen Standpunkt der Mechanik nicht angemessen. Diese Selbststeuerung fehlt gegenwärtig bei der durch JAMES BOSS angegebenen Maschine ¹; bei welcher der Dampf auf einen Kessel, dieser aber auf Quecksilber presst, und letzteres die Höhe treibt, so daß das über demselben stehende Wasser in eine Cisterne gedrückt wird. Ist die am Embolus befindliche Abfahrschraube durch eine Lederbüchse dampfdicht gesteuert, so wird sie tief genug herabgedrückt, so verschließt ein empfindlicher Mechanismus den Dampfhahn, und öffnet ein anderes Hahn, welcher dem Dampfe einen Ausweg in die Luft ohne Condensation gestattet, worauf das Quecksilber sein Gewicht niedersinkt, den Embolus hebt, und das Wasser aus dem unteren Behälter in die Höhe saugt, bis die Schraube den Embolus in eine entgegengesetzte Stellung gebracht hat, und die Wirkung des Dampfes aufs Neue beginnt. ² Es steht schon die große Menge des erforderlichen Quecksilbers und das große Gewicht desselben einer praktischen Anwendung dieser Maschine entgegen. Bei der von RECHAM und WITTE gegebenen Maschine ³ steht der obere Theil des Dampfbehälters selbst im Feuer, um den Dampf unmittelbar in demselben dem aufsteigenden Wasser zu erzeugen. Zugleich befindet sich darin ein Schwimmer mit einer durch den Deckel gehenden Stange, welche auswärts einen Hahn öffnet, und kaltes Wasser einspritzen läßt, wenn der Schwimmer durch den Dampf herabgedrückt ist. Nachher hebt das in der Steigröhre erster Abkühlung des Dampfes durch den Luftdruck aufsteigende Wasser den Schwimmer, der Hahn schließt sich wieder, und die Dampfbildung beginnt aufs Neue ⁴.

Dieser Mechanismus und insbesondere die Steuerung ist nun zwar sehr einfach und zweckmäßig, allein es dürfte

1 Stuart. p. 173.

2 Repertory of Arts. VIII. 322.

3 Aus Magaz. d. neuesten Erfindungen in Bibl. univ. VI. 22.

4 Andere minder wichtige Veränderungen dieser Maschine von P. KEIR S. Nicholson J. I. 419. daraus in G. XVI. 129. von NOURY D'ECTOT nach Ann. C. P. XVIII. 133. übergehe ich der wegen.

er wirklichen Ausführung noch vielfache Schwierigkeiten
a; auf allen Fall aber würde diese Vorrichtung noch weit
Feuerung erfordern, als die andern Maschinen, welche
abgesonderten Dampfkessel haben, überhaupt aber dürfen
Saveryschen Maschinen, obgleich sie ihrem Erfinder un-
lichen Ruhm sichern, doch immerhin neben den andern
in aufser Gebrauch kommen ¹.

3. Rotations-Maschinen.

Gleichzeitig mit den Vorschlägen Savery's, Papin's u. a.
er bekannte AMONTONS auf eine Dampfmaschine, welche
wegen ihres künstlichen Baues und des erforderlichen vie-
rennmaterials nicht praktisch angewandt werden kann,
reiche Erfindung aber hauptsächlich in Beziehung auf
malige Zeit, und als erster Versuch einer sich um ihre
ehenden Maschine um so mehr gegen Vergessenheit ge-
zu werden verdient, als gerade diese Art von Maschinen
die neuesten Zeiten herab vielfach verändert sind, und
egenwärtig nicht ohne Nutzen praktisch angewandt wer-
Im Jahre 1699 legte AMONTONS der Pariser Akademie die
bung seiner Maschine vor ². Sie besteht aus einem Fig.
dessen innerer Raum vierfach, und jede der Abtheilun- 129.
der in 12 Kammern abgetheilt ist, welche sämmtlich von
durch dampfdichte Wände getrennt sind. In den äu-
kammern A, B, C, . . . befindet sich Luft, welche durch
auf des Feuers ausgedehnt durch die krummen Röhren
auf die in den correspondirenden Kammern der drit-
eilung drückt, und hierdurch das Wasser durch die
a einer Seite sich öffnenden Klappen treibt, wodurch
an einer Seite ein Uebergewicht erhält, und herumge-
wird. Es sey demnach das Rad in der Lage, welche

Nach MILLINGTON Grundrifs der theor. u. Experimental-Physik
Weimar 1825. 8. I. 301. bedarf eine gut eingerichtete Maschine
rt doppelt so viel Feuerung, um einen gleichen Effect hervor-
a, als eine der besseren nach der neueren Einrichtung. Die
kann bei jener durch ein Rad regulirt werden, welches das
Wasser umtreibt.

Mém. de Par. 1699. p. 112.

die Zeichnung angiebt, so wird das Feuer die Luft in der Kammer A ausdehnen, diese auf das Wasser in a drücken; selbe durch die Klappen in die Kammern b, c, d treiben, wegen des Rad sich um seine Axe drehen, die Kammern dem Einflusse der Wärme ausgesetzt werden, und auf gleiche Weise das Wasser in die Höhe drücken, die Kammer A abwärts sinken, die Wassercisterne R R herabsinken und abgekühlt werden, bis sie aufs Neue der Einwirkung des Feuers ausgesetzt wird. Nach AMONTONNE soll der dritte Raum einen Durchmesser von 12 F. haben, 754 Kub. F. Wasser enthalten, deren Gewicht auf 13202 $\frac{1}{2}$ berechnet, und mit dieser Kraft soll das Rad in 85 Sec. einmal umlaufen. Diese Geschwindigkeit ist sehr hoch angeschlagen, außerdem aber das luftdichte Schließen der Kammern zu schwer erreichbar, sonst bleibt es noch zu untersuchen, ob nicht eine solche Maschine nebenher bei einem Feuer Ofen vortheilhaft anzubringen wäre.

WATT versuchte eine rotirende Maschine aus Eisen, die dicht in einer andern drehenden Trommel herzustellen, in welcher der Dampf bloß nach einer Seite drückte, aber ihm unmöglich, das luftdichte Schließen hervorzubringen, als er den Apparat in Quecksilber oder leichtflüssige Oelbäder senkte, wurde das Metall zu bald oxydirt, und er verwarf die Idee auf. COOKE schlug einen Cylinder vor, in welchem die Ventile, welche sich nur nach einer Seite durch ihr Gewicht öffnen sollten. Diesen legte er in einen andern ausgehöhlten Cylinder, ließ den Dampf durch einen Zwischenraum zwischen beiden vom Erzeuger nach dem Condensator strömen, und auf diesem Wege sollte er die Ventile vor sich her treiben und dadurch den ersten Cylinder drehen². Eine nach WATT's Vorschläge eingerichtete, etwas geänderte rotirende Maschine schlug CARTWRIGHT vor, die scheint sie nie, selbst nicht im Modelle ausgeführt zu haben. Eben dieses war ohne Zweifel der Fall bei MURDOCK's Ventile⁴, welcher zwar sinnreich ausgedacht ist, aber an

1 Rees Cyclop. Art. Steam Engine.

2 Transact. of the Roy. Irish Acad. 1787.

3 Repertory of Arts. X. 7.

4 Ebend. XIII. 11.

öglichkeit, alle Verbindungen gehörig dampfdicht zu verschließen, gewiß ein unübersteigliches Hinderniß finden würde. In dieser ähnliche Vorrichtung beschreibt BORGNI¹ unter dem Namen der Maschine von VERZY. HORNBLOWER² schlug ebenfalls zwei solche rotirende Maschinen vor, aber es scheint eine von beiden anders als etwa im Modell ausgeführt zu seyn, da GREGORY³ hält das dampfdichte Schließen bei derselben ebenfalls für unerreichbar. Es ist in der That auffallend, daß noch in diesem Jahrhundert nach der großen Vervollkommenung der WATT'schen Dampfmaschinen und nach Auffindung des Mechanismus zur Verwandlung der geradlinigen Bewegung in eine rotirende dennoch so viele Vorschläge zu einzelnen rotirenden Maschinen bekannt gemacht sind, welche aber sämtlich wegen der angedeuteten Hindernisse keine vortheilhafte Ausführung zulassen, und es wird daher genügen, sie nur kurz zu erwähnen. Dahin gehört die von ANDREW FLINT, ROBERT WILLCOX, von MEAD, auch die künstlich gebaute von dem bekannten Mechaniker SAMUEL CLEGG, welche seiner Versicherung nach mehrmals ausgeführt seyn und den Absichten des Erfinders entsprochen haben soll, obgleich von andern⁴ bedeutende Einwendungen dagegen gemacht sind, die der von angegebenen ähnliche von TURNER, zwei der ursprünglichen AMONTONS'schen am nächsten kommende von WILLIAM BURNES und von WILLIAM CONGREVE⁵, die nach COOKE's und WRIGHT's früheren Angaben mit sinnreich ausgedachten Verbesserungen construirten von RIDER und hauptsächlich von BURNES, nebst noch einigen andern, welche einzeln namhaft zu machen zu weitläufig seyn würde⁶.

¹ Mécanique appliquée aux Arts. Par. 1818. Comp. des Mach.

² Repertory of Arts. IX. 289.

³ Gregory Mechanics II. 387.

⁴ Repertory of Arts. XV. 325.

⁵ Bibl. univ. XIV. 132.

⁶ Die genannten findet man sämtlich erwähnt und meistens nach ihren Zeichnungen beschrieben bei STUART a. a. O. Eine vollständige Kenntniß kann man sich verschaffen aus den zahlreichen Bänden des Repertory of Arts.

Diejenige rotirende Maschine, welche sehr sinnreich gedacht, allerdings eine praktische Anwendbarkeit vers

Fig. ist das MASTERMANsche Rad, welches die eine Zeichnung in
 130. rechten Durchschnitte darstellt, indem die andere einen s
 n.
 131. Durchschnitt der ganzen Maschine zeigt. Das Ganze ist ei
 les Rad, durch Klappenventile in einzelne Kammern abg
 Der hohle Ring des Rades aa ist stets mit Wasser halb
 statt dessen ONIONS in seinem patentirten Vorschlage vor
 ein unter der Siedehitze schmelzendes Metallgemisch zu r
 rath, welches bei seinem gröfseren Gewichte ungleich v
 mer ist ¹. Um den Abgang des Wassers zu ersetzen, die
 Reservoir b mit einem Ventile c, welches sich dur
 Schwimmer v gehoben selbst schliesst. Bedient man s
 nicht verdampfenden Metallgemisches, so kann dieses R
 entbehrt werden. Durch das Rohr m wird der Dampf a
 Dampfkessel zugeführt, dringt durch die hohle Speiche
 den Raum e, verschliesst das Ventil f, öffnet die Klappe g
 das Wasser vor sich hin, dafs es bis h aufsteigt, wodu
 Rad ein Uebergewicht erhält; und um seine Axe umläuft.
 die Speiche in die Lage vor k, so trifft der Dampf am
 Ende im Kranze eine Oeffnung, durch welche er in de
 densator entweichen kann, wohin auch durch das Vent
 etwa angesammelte Luft dringt. Die Gegengewichte n,
 an den Klappen sind bestimmt, dieselben zu öffnen, da
 der Bewegung des Wassers kein Hindernifs entgegense
 die Maschine von einfachem atmosphärischen Drucke, s
 sie das Wasser nur bis 32 F. hoch drücken. Indefs will
 Terman, dafs man nur 28 F. Druckhöhe annehmen soll,
 indefs der horizontale Querschnitt des Randes beliebig
 seyn kann. Die Maschine läfst sich auch mit hohem l
 einrichten, in welchem Falle das Rad eine beliebige Höhe
 und der Dampf in die Atmosphäre entweichen kann ².

¹ Millington a. a. O. p. 395. Jos. BAADER hat in München
 ches Rad, mit dem Metallgemische gefüllt, wirklich ausführen
 und zweckmäfsig gefunden, ONIONS dagegen verwarf dasselbe,
 beim Erkalten durch seine Ausdehnung die Röhre sprengte.

² Description of Masterman's Patent Rotatory Steam E
 Lond. 1822. Repertory of Arts. 2d. Ser. XLI. 139.

iche, welche der Erfinder dieser Maschine mit derselben stellt hat, sprachen sehr zu ihrem Vortheile, und ergaben dafs bei gleichem Aufwande von Kohlen diese gegen eine ähnliche Condensationsmaschine im Verhältnifs von 30 zu wirkte. Die Maschine verdient also allerdings Aufmerksamkeit.

Endlich möge von den Rotations-Maschinen hier noch die kurz beschrieben werden, welche ein gewisser STILES in more verfertigt, und wovon eine, von 60 Pferdekraften Dampfschiff *Surprise* treibt, wodurch also die praktische Endbarkeit derselben vorerst erwiesen ist, obgleich das Verhältnifs ihrer mehr oder minder vortheilhaften Benutzung durch längere Zeit verglichene Erfahrung geprüft werden . Sie ist im Baue sehr einfach und in der Hauptsache deren nachgebildet, welche COOKE erfunden hat ¹, jedoch in 2 Stücken zweckmäfsiger eingerichtet. Zur allgemeinen Kenntnifs derselben genügt eine Durchschnittszeichnung. Das Fig. 132 ze besteht aus einem feststehenden Cylinder, in welchem anderer eingeschlossener durch die Kraft des Dampfes bewegt wird. Die feststehende Axe des letzteren S ist zugleich die Achse der Schaufelräder, welche das Schiff treiben. In dem inneren Cylinder wird der Dampf aus dem Kessel durch das Loch DD geleitet, und entweicht durch ein anderes D'D' in den Condensator. Der innere Cylinder schliesst mit seinen beiden ebenen flachen Seiten dampfdicht an die inneren Flächen des äufseren Cylinders an, weil aber der Durchmesser des ersteren gröfs- ser ist als der des letzteren, so entsteht dadurch ein für den Strom des Dampfes offener Canal, welcher durch ein mas- dampfdicht passendes Stück LL oben verschlossen ist, so dafs die Bewegung des Dampfes daher nur nach einer Seite erfolgen kann. Es versteht sich dabei von selbst, dafs dieser Cylinder an der inneren Seite des äufseren Cylinders befestigt, die krumme Oberfläche des inneren Cylinders aber hinlänglich glatt sein mufs, um durch Reibung nicht zu sehr an seiner Bewegung zu hindern. Eine bei diesen Maschinen sehr zu beachtende Bedingung ist, dafs auf der krummen Oberfläche des inneren Cylinders be-

¹ Transact. of the Roy. Irish Acad. 1787. Stuart a. a. O. p. 150.

Dampfmaschine.

finden sich die beiden flügelartigen Klappen i, i' , welche den Zwischenraum beider Cylinders, oder den Dampfkanal gänzlich verschließen, verschlossen aber nicht so völlig, daß die krumme Fläche des innern Cylinders einlegen, daß beim Hingange unter dem Stopfer LL kein Hindernis ist. Kommt die eine Klappe bei der Oeffnung in H an, so läßt sie den drückenden Dampf entweichen, während der durch den Widerstand der andern Klappe umgetrieben, daß die erstere Klappe bei dem kegelförmigen Stücke u umkehrt und sich in ihr Lager legt. An den Klappen befinden sich die Hebelstücke t, t' , welche beim Niederlegen derselben um Zapfen drehend in dem inneren Raume der Quadrate genommen werden, dann aber, wenn sich die Klappen öffnen sollen, durch das Stück u, u' vorgeschoben werden. Für diesen Zweck im äußern Cylinder befindlich ist auch das letztere von Außen durch Schrauben so gestellt, daß auf solche Weise öffnet sich die eine Klappe, indem auf beiden Seiten der Druck des Dampfes gleich ist, und die andere sich in dem schon mit dem Condensator verbundenen Kanale, so daß ihrer Bewegung, außer der Reibung, kein Hindernis im Wege steht. Die Klappen sind von Kupfer etwas trapezoidalisch, weil der Dampfcanal nach Aufsteigen enger wird. In einer Rinne in beiden Flächen des innern Cylinders, desgleichen in einer Furche in dem äußersten Cylinders, welcher die beiden Flächen des äußern Cylinders ausfüllt, liegen die das Entweichen des Dampfes hindernden Ringe, welche angedrückt werden, wenn man die Scheiben des äußern Cylinders durch die in der Zeichnung gedeuteten Schrauben auf den äußern Ring presst. An den Garnirungen des massiven Stopfers LL liegen zwischen mehreren Scheiben, und werden durch Schrauben angedrückt. Diese werden sämmtlich alle Monate oder dreimal im Jahre erneuert.

Die Maschinen sind von hohem Drucke, und daher der Dampf bloß abgekühlt in einem durch äußeres kaltes Wasser stets kühlen Behälter, in welchem es sich sammelt und dem Siedekessel wieder zur Speisung dient. Man weiß von dieser Maschine offenbar viel dadurch, daß der Dampf vorher (fünf oder gar zehnfacher Elasticität) entweicht, was aber der gleichmäßigen Bewegung wegen geschehen muß,

also sich viel gewinnen, wenn man eine Expansionsmaschine daraus machte, und ein Schwungrad anbrächte. Uebrigens ist der innere Durchmesser des grossen Cylinders = 1,^m 5 der Zwischenraum zwischen den Cylindern 0,^m 152 zwischen den Fländen 0,^m 483 und das Gewicht des Ganzen vier bis fünf Tonnen; sie hat 3 Dampfkessel, welche mit einander in Verbindung stehen, 7 Tonnen Wasser halten und leer ohngefähr 8 Tonnen wiegen. Das Dampfschiff, welches durch diese Maschine angetrieben wurde, obgleich übrigens nicht vortheilhaft gebaut, übertraf 1817 alle andere an Geschwindigkeit übertroffen haben. Der Preis einer solchen von 63 Pferdekraften sollte 66000 Francs von 40 Pferdekraften 44000 Francs betragen ¹.

Dampfmaschinen mit einem Embolus.

Unter den Papieren des gelehrten und in jeder Hinsicht genauen Dr. ROBISON fand sich ein Memorandum, wonach der berühmte Dr. HOOKE schon 1678 die *Newcomensche Dampfmaschine* angegeben haben soll ². Indefs ist dieses nicht wahrscheinlich, weil aus einigen seiner nachgelassenen Papiere und verschiedenen Vorträgen bei der Akademie hervorgeht, daß er später über die Ausführbarkeit des Papin'schen Vorwurfs, einen leeren Raum durch entzündetes Schießpulver zu bewegen, und diesen durch den Druck der atmosphärischen Luft zur Bewegung von Maschinen zu benutzen, nachdachte, dies unmöglich verwarf, wohl aber in seinem Briefwechsel mit dem Eisenschmiede THOMAS NEWCOMEN und dem Glaser ROBERT CRAWLEY, beide in Dartmouth, diese darauf führte, das Feuer lieber durch Dämpfe hervorzubringen ³. Die erste Idee derjenigen Dampfmaschinen, welche diese nachher erfanden, welche alle spätere Verbesserungen veranlaßt hat, wurde durch PAPIN gegeben, die Sache mehr geregelt durch HOOKE, deren Erfindung selbst und ihre vollständige Ausführung gehört den beiden genannten Männern, welche 1705 ein Patent für diese Maschinen erhielten. Im Allgemeinen wurde bei den-

Marestier a. a. O. p. 108 ff.

Stuart a. a. O. p. 20.

Ebend. p. 58.

selben der heiße Wasserdampf in einen Stiefel geleitet, Embolus in denselben, und nachdem dann der Stiefel umgebendes Wasser abgekühlt war, drückte die Luft Embolus nieder; diese Luft war somit die eigentlich bewegende Kraft, und die Maschinen wurden daher *atmosphärische Dampfmaschinen* genannt. Erst 1711 schlossen die Ingenieure einen Contract ab, eine zum Heben des Wassers brauchbare Maschine zu erbauen, wozu ihnen POTTER behülflich war. Da sie kannten sie die Theorie so wenig, daß sie das richtige Verhältniß der Theile nicht herzustellen vermochten, hatte er aber das Glück, daß der Zufall sie auf eine wesentliche Verfeinerung ihrer Erfindung führte. Bei ihren Maschinen nämlich wie bei der Savery'schen geschah die Abkühlung des Dampfes durch Wasser, welches denselben von Außen umgab, was sehr langsam dauerte lange. Zufällig bewegte sich ihre Maschine schneller, als früher, sie entdeckten, daß dieses in Folge eines Leches geschah, durch welches kaltes Wasser in den Dampf drang, und sie benutzten dann dieses zweckmäßige Wasser zur schnelleren Abkühlung des Dampfes¹. Man hat seitdem diese atmosphärische Dampfmaschine noch verschiedentlich verbessert, allein da sie schwerlich wieder in Gebrauch kommen wird, so verdient sie ihres geschichtlichen Interesses wegen in der ursprünglichen einfachen Gestalt hier dargestellt zu werden. Die einzelnen Theile bedürfen nur einer kurzen Beschreibung. Der Kessel b, welcher in dem Heerde beheizt wurde, daß der Rauch oder die heiße Luft durch die Räume x, x um denselben ging, und welcher bei s ein Sicherheitsventil hatte, ließ den Wasserdampf nach Oeffnung des Hahns d in den Stiefel a aufsteigen, so daß der Embolus gehoben wurde, nicht sowohl durch die Elasticität des Dampfes als vielmehr durch das Uebergewicht des Balanciers. Wenn der Embolus oben, so wurde der Hahn d geschlossen, f da geöffnet, und es spritzte Wasser aus dem Gefäße g in den Stiefel, condensirte den Dampf, und der Embolus wurde durch den Druck der Atmosphäre niedergedrückt, wobei das aus dem Stiefel ausgesaugte Wasser gebildet wurde und das eingespritzte Wasser durch den Stiefel in einen tief liegenden Behälter mit Wasser abfloß. Das

¹ Ebend. p. 65.

lte sich durch das Rohr q vermittelt der an der Stange in gebrachten Druckpumpe, die Hähne c; c dienten aber dazu, zu wissen, wie hoch das Wasser noch im Kessel stand.

So unvollkommen auch diese Maschine ist, so muß man ch berücksichtigen, daß die Luft bei 28 Z. Barometerhöhe gen einen Par. Quadratfuß mit einem Gewichte von 2316 &. ickt ¹. Angenommen, daß der Dampf nur bis 40° R. abge- hlt wurde ², wobei er noch eine Elasticität von 3,37 Z. hat; betrug dann der Druck dennoch nahe 2037 &. gegen einen adratfuß, und so liefs sich mit einem Embolus von drei adratfuß Fläche doch nach Abzug der Reibung eine Kraft 1 6000 &. erhalten. Bei einer solchen Maschine war ein abe, HUMPHRY POTTER, zum Reguliren der Hähne angestellt, lcher dieses aber zu mühselig fand, und daher einen Mecha- mus anbrachte, daß sie durch die Bewegung des *Balanciers* iert wurden. Viel vollständiger aber wurde diese Selbststeue- ng nebst sonstigen Verbesserungen durch HENRY BEIGTON bei r von ihm 1718 zu Newcastle-on-Tyne errichteten Dämpf- chine angebracht, welche auch das von DESAGULIERS ange- bene Sicherheitsventil mit einem Hebel erhielt. Diese Ma- linen zeigten bald einen großen Vorzug vor den Savery's- len, namentlich rücksichtlich des Effectes und der Ersparnis Brennmateriel, so daß sie in großer Menge und von unge- r Gröfse erbauet wurden, auch ist ihre Zahl noch jetzt grö- als derer mit hohem Druck. Unter die bedeutendsten gehören enigen, welche zu Königberg, in Ungarn, und eine andere, che in London zum Heben des Wassers aus der Themse er- tet wurde ³, nebst verschiedenen in Frankreich schon vor

¹ S. *Aerostatik* I. 262.

² Nach ROBISON's Angabe. Bei den meisten Newcomenschen hinen beträgt indeß die Wärme des aus dem Dampfe gebildeten ers noch 49° bis 63° R. nach WATT bei ROBISON Mech. Phil. II. Die Abkühlung ist demnach sehr unvollkommen.

³ Leupold Theat. mach. gener. Tab. LII. LIII. Theat. -mach. . Tab. XLIV. Weidler Tractat. de Machinis hydraulicis, toto orbe arum maximis, Marliensi et Londinensi. Viteb. 1728. 4. John Allen ative of several New Inventions and Experiments, particularly the ating a ship in a Calm and Improvements on the Engine to raise

1744 erbaueten, namentlich die zu Fresne bei Condé, zu unweit Charleroi für die Kohlenminen und eine bei Namur den Bleiminen¹, von denen die zu Fresne durch Belidor² beschrieben ist³. Eine wesentliche Schwierigkeit gegen Dauerhaftigkeit dieser Maschinen lag in der Verbindung des Stiefels mit dem Kessel, indem beide allezeit eine die Verbindungen endlich auflösende Erschütterung durch das Anschlagen des Embolus beim Aufsteigen und Niedersinken erhielten, daß auch SMEATON die erforderliche Festigkeit nicht heranzubringen konnte, und selbst dann bleibt diese schwierig, wenn der Stiefel vom Kessel getrennt, und für sich hingestellt steht wird.

Diese Maschinen waren nach ihrem ursprünglichen einfachen Baue nur zum Heben des Wassers bestimmt und eingerichtet; der erste Schritt aber, sie für die Mechanik im weitesten Umfange anwendbar zu machen, geschah durch JONAS HULLS 1736, indem er vorschlug⁴, sie mit einem Schwungrad zu versehen, und dieses durch eine Kurbel in Bewegung zu setzen, eine wesentliche Verbesserung, auf welche er ein Patent nahm, ohne daß das Publicum dieselbe beachtete oder in Anwendung brachte. Um 1758 gab FITZGERALD⁵ noch genau an, wie man durch ein am Balancier angebrachtes Räderwerk ein Getriebe, und durch dieses ein Schwungrad in Bewegung setzen könne, um eine stets gleichförmige Bewegung zu erhalten, aber auch dieses wurde nicht beachtet, wenn es fraglich ist, ob WATT von beiden Erfindungen, wie STEPHENSON meint, keine Kenntniß gehabt habe.

Die *atmosphärischen Dampfmaschinen* kamen stets mehr in Aufnahme, insbesondere seitdem SMEATON ihnen Theilen eine bessere, sachgemäße Proportion gegeben

Water by Fire. Lond. 1730. 8. De la Motraye Voyage en Europe, et Afrique. à la Haye 1732. III vol. fol. III. 360.

1 Gensanne in Machines Approuvées. VII. 300.

2 Architecture hydraulique. Par. 1757. IV Vol. 4. II. 308.

3 A Description and draught of a new-invented machine for trying vessels or ships out of or into any harbour cet. Lond. 1737.

4 Phil. Trans. 1758. 53. 370.

5 a. a. O. p. 91.

Sie wurden nicht bloß in England gebraucht, sondern auch in Holland, Frankreich und um 1760 wurde sie auch in Nordamerika eingeführt. Indefs beginnt eine neue Periode mit JAMES WATT, welcher 1736 geboren, zum mathematischen Instrumentmacher bestimmt und durch den Umgang mit seinem Freunde, dem berühmten Geometer ROBISON gebildet, 1757 Aufseher des mathematischen und physikalischen Cabinetes in Glasgow wurde¹. ROBISON, welcher damals dort wirkte, richtete die Aufmerksamkeit desselben auf ein bewegliches Modell der *Newcomenschen* Dampfmaschine, indem er erlaubte, solche Maschinen könnten überhaupt als bewegendes Mittel, selbst beim Fuhrwerke gebraucht werden. Nach mancherlei Versuchen, welche er anstellte, und nach vielfachen Überlegungen über die Natur der Dämpfe mit Dr. BLACK und ROBINSON² kam er zu der Ueberzeugung, daß der Dampf zur Abkühlung einer zu großen Menge Wasser bedürfe, da er aber als elastisches Fluidum in jeden ihm eröffneten leeren Raum eindringen, und, wenn derselbe kalt sey, dort von neuem verdichtet werden müsse, welches er als neues Princip bei den Dampfmaschinen zum Grunde legte, indem er den Condensator seitwärts anbrachte, und ihn mit einer Pumpe versah, das Wasser und die Luft aus demselben herauszuziehen. Um ferner die Verdampfung des Wassers des bisher nafs gemachten Embolus zu entfernen, machte er ihn mit Fett luftdicht, und damit endlich die auf demselben ruhende Luftschicht nicht abkühlen möchte, bedeckte er letzteren mit einer Klappe, liefs die Stange des Embolus luftdicht durch eine Röhre in derselben sich bewegen, und den Dampf sowohl auf die obere, als auch auf die untere Seite des Embolus wirken. Hierin bestanden seine wesentlichen Verbesserungen, durch welche die Maschine zur *eigentlichen Dampfmaschine* wurde, das erforderliche Brennmaterial aber bis auf ein Dritteltheil früher verbrauchten herabkam³. Im Jahr 1768 legte WATT in Verbindung mit Dr. ROEBUCK eine Maschine nach seiner Erfindung zu Kinneil in den Kohlenminen des Herzogs von HA-

¹ Playfair in Monthly Mag for 1819.

² Erzählt durch Watt selbst in Robinsons Mech. Phil. II. 117.

³ Vergl. Stuart a. a. O. p. 98 ff.

MILTON an, welche als Probestück vielfach abgeändert und verbessert wurde¹, und erhielt im folgenden Jahre ein Patent über. Die Maschine hatte Selbststeuerung, aber noch kein Schwungrad, und hieß *single reciprocating Engine*. In seinem erfinderischen Talente einen weiten Spielraum zu bot sich eine Gelegenheit dar, indem er sich 1773 mit dem unternehmenden BOULTON verband, und nach einem 1774 Jahre erhaltenen Patente eine Fabrik in SOHO bei BIRMINGHAM anlegte².

Es würde zu weit führen, wenn ich alle Einzelheiten der Zeitfolge nach, wie sie erfunden und verbessert wurden, genau erläutern wollte, und es mögen daher die wichtigsten hier erwähnt werden. Bei der einfachen Maschine drückte der Dampf nur gegen die eine Seite des Embolus, es ging daher durch die Bewegung des Gegengewichts ein großer Theil der Kraft verloren. Wurde die Maschine bloß zum Waschen gebraucht, so ist durch die langen herabgehenden Ketten und Pumpenstangen dieses Gegengewicht ohnehin vorhanden, der Verlust nicht eigentlich vollständig. Im Allgemeinen ging WATT sehr bald zu seiner doppelten condensirenden Maschine (*double condensing Engine*) über³, bei der Dampf abwechselnd auf die obere und untere Seite des Embolus wirkt, und zugleich unter der entgegengesetzten Wirkung steht. Sie leistet den doppelten Effect in der Hälfte der Zeit, als die einfache, erfordert aber auch die doppelte Menge von Dampf, und der Effect ist also der Menge des verbrauchten Dampfes proportional⁴. Das *Schwungrad*, durch welches die Pleuelbewegung in Drehung überführt wird, führte er gleichfalls ein, und brachte bei beiden die umlaufenden Räder (*Sun and Planet Wheel*) an. Die Sache selbst ist aus der Zeichnung leicht ersichtlich. ¹³⁴ An dem herabgehenden Arme x des Balanciers ist das Pleuel an dem Schwungrade aber das Rad a, beide in einer Ebene.

¹ Rees Cyclop. Art. Steam Engine.

² Playfair in Monthly Mag. 1819.

³ Ein gewisser FALK wollte ihm diese Erfindung später nachmachen. S. Falk description of an improved Steam Engine 1779. 8.

⁴ Stuart a. a. O. 131.

nd, befestigt, eine Schiene hält beide in gleicher Entfernung, d zwingt ihre Zähne in einander zu greifen. Bewegt sich m die Stange x durch die Bewegung der Dampfmaschine auf d nieder, so laufen beide Räder um einander um, und die wegung des Schwungrades ist doppelt so schnell als mit der rbel. Allein die Einrichtung ist kostbar und kommt leicht Unordnung, weswegen man neuerdings wieder zur Kurbel rückgekehrt ist. Zu WATT's condensirenden Maschinen gehört auch diejenige, welche PERRIER zu *Chaillot* bei *Paris* ichtet, und PRONY sehr im Einzelnen beschrieben hat ¹. Nach dem Schriftsteller ist dieselbe zwar durch PERRIER selbst nach glischen Mustern verfertigt, allein nach STUART's ² weit glaubwürdigerer Angabe ist sie durch denselben bloß zusammengezt, indem sie in allen ihren Theilen zu *Soho* gekauft und ph Frankreich transportirt wurde.

Vorzugsweise verdient wohl die Einrichtung der sogenannten *Expansionsmaschinen* eine nähere Erörterung. Der me kommt davon her, weil man dem Dampfe unter oder über n Embolus, nachdem man den weiteren Zufluß gesperrt hat, h weiter durch seine Expansion zu wirken verstatet, wel- pa zwar bei allen Maschinen, am vortheilhaftesten aber bei de- mit hohem Drucke angewandt werden kann. Wird näm- der Stiefel ganz mit Dampf erfüllt, so wird er nach Been- ang der Bewegung des Embolus noch die nämliche Kraft ha- als im Anfange, und würde also der Embolus zwar mit minderter, aber auf allen Fall noch mit einiger Kraft zu he- im Stande seyn, wenn eine weitere Bewegung desselben dlich wäre. Wie das Gesetz der Ausdehnung des Dampfes ninen größeren gegebenen Raum sey, ist noch nicht ausge- cht ³, indem durch die größere Ausdehnung zugleich Wärme unden und dadurch die Elasticität des Dampfes vermindert d. Geht indeß die Ausdehnung nicht so sehr schnell vor h, und sind die Wände des Stiefels heiß genug, um den ärmeverlust mindestens zum größten Theile zu ersetzen, so

¹ Prony *Neue Architectura Hydraulica* übers. von Langsdorff. II.

² Stuart a. a. O. p. 140.

³ Vergl. *Dampf; latente Wärme desselben*.

wird zwar die Pressung dem Mariotteschen Gesetz nicht
 lirt, aber doch nahe genau proportional seyn, und als
 Dampf, wenn man z. B. den Stiefel nur halb füllt, den
 Hahn verschließt und den Dampf sich auch in der zweiten
 te des Cylinders ausbreiten läßt, im Anfange noch die Pr
 $= 1$, am Ende die $= 0,5$, also im Mittel eine Pressung $=$
 zu seiner in der ersten Hälfte geleisteten hinzuzufügen im
 de seyn. CHRISTIAN² macht dieses durch folgende Berec
 anschaulich. Man nenne den Inhalt eines Stiefels $= 1$,
 ihn in 20 gleiche Theile, lasse den Dampf von der Spa
 $= 1$ in den Stiefel treten, so wird er mit einer beweg
 Gewalt $= 20$ und einer erforderlichen Menge $= 20$ den
 in die Höhe treiben, wenn man den Stiefel ganz dan
 füllt werden läßt. Verschließt man aber den Hahn, wei
 Embolus 5 Räume durchlaufen hat, und läßt ihn dan
 ausbreiten, bis der ganze Stiefel erfüllt ist, so ergibt sic
 gendes Verhältniß der Räume und der Pressungen am En
 vom Embolus durchlaufenen ganzen Raumes.

Räume	Pressungen	Räume	Press
0,05	— 1,000	0,55	— 0,4
0,10	— 1,000	0,60	— 0,4
0,15	— 1,000	0,65	— 0,3
0,20	— 1,000	0,70	— 0,3
0,25	— 1,000	0,75	— 0,3
0,30	— 0,830	0,80	— 0,3
0,35	— 0,719	0,85	— 0,2
0,40	— 0,625	0,90	— 0,2
0,45	— 0,556	0,95	— 0,2
0,50	— 0,500	1,00	— 0,2

Indem also der Embolus den ganzen Raum des Stiefels
 die zwanzig Abtheilungen durchläuft, erhält er durch
 Dampf im Ganzen 11,573 Pressungen. Hätte man den S
 ganz erfüllen lassen, so würde die Summe der Pressungen $=$
 seyn, mithin leistet die Maschine im Ganzen einen Effect
 $11,573 : 20$, allein dafür sind auch nur 5 Räume, also 0,2
 Ganzen mit Dampf von der ursprünglichen Elasticität erfüll

1 Mecan. indust. II. 369.

ten, und während nur der vierte Theil des Dampfes consumirt wird, erhält man mehr als die doppelte Wirkung. Es geht aus dieser Darstellung hervor, daß der Gewinn an Nutzefectum um so größer ist, je weniger Dampf von gegebener Expansion man in den Stiefel treten, oder je mehr man denselben sich expandiren läßt. Nach STUART¹ gehören unter gleicher Voraussetzung folgende erfüllte Räume des Stiefels und Effecte einander zu

Räume	Effecte	Räume	Effecte
1 —	1,0	$\frac{1}{3}$ —	2,6
$\frac{1}{2}$ —	1,7	$\frac{1}{6}$ —	2,8
$\frac{1}{3}$ —	2,1	$\frac{1}{7}$ —	3,0
$\frac{1}{4}$ —	2,4	$\frac{1}{8}$ —	3,2

Indefs bemerkt CHRISTIAN, daß es schwer sey, aus der Theorie scharfe Folgerungen für die Praxis zu entlehnen, STUART aber, daß der Erfahrung nach über eine vierfache Ausdehnung des Dampfes keine bedeutende Pressung desselben mehr zu finden². WATT ersann diese Verbesserung der Maschinen im Jahr 1769, und erhielt über dieselben, *Expansion Engine* genannt, ein Patent, welches 1775 erneuert wurde. Die erste solche Maschine dieser Art erbaute er 1774, aber seit 1778 werden sie sehr allgemein. Eine solche Maschine ist die in der *Union* von CORNWALLIS, deren Stiefel 63 Z. Durchmesser hat. Das jederzeit in der Pumpe befindliche Wasser wog 100 & und mit dieser Last macht der Embolus 6,5 Hub beim Steigen und eben so viel beim Niedersteigen, so daß dieselbe 100,75 F. in einer Minute gehoben wird. Für 1 F. hoch in einer Minute zu heben giebt dieses 8261500 & und ersetzt also nach Berechnung nach eine Kraft von 250 Pferden³. Eigentlich solche *Watt'sche Expansionsmaschinen* mit hoher Pressung verfertigte unter andern der Amerikaner OLIVER EVANS, welcher später in seinem Vaterlande eine ausgedehnte Werkstatt

¹ a. a. O. p. 126. Eine andere allgemeine Berechnung von PÄZCHTLE ist man in Jahrb. d. polyt. I. I. 128.

² Marestier a. a. O. p. 224. giebt eine umfassende Berechnung der Wirkungen dieser Maschinen zunächst in Beziehung auf die von ihm verfertigten. WATT's anfängliche Theorie giebt ROBISON II. 128.

³ Partington a. a. O. p. 31. S. unten: *Effect der Dampfmaschinen*.

solcher Maschinen anlegte ¹. Mit einiger Abänderung, sie aber einige Zeit nachher, nach einem früheren Vor des oben genannten Dr. FALK, später durch HORNBLÖWE zweistüpfelige verwandelt, indem er den Dampf aus dem Stiefel vor der Condensation in einen zweiten grösseren und ihn erst dann condensirt werden liess, nachdem er diesem expandirt hatte ².

Mit noch mehr Erfolg und in grösserer Ausdehnung ARTHUR WOOLFE seit 1804 das Princip der Expansion Dampfmaschinen an ³. Er hatte nämlich aufgefunden Dampf von einer grösseren Elasticität als die der Atm. sich so viel mal ausdehnen konnte, als seine Elasticität in der die der Atmosphäre übertraf, und doch noch das Gleichgewicht hielt. War z. B. der Dampf so erhitzt er mit einem Gewichte von 3 ℔ auf einen Quadratzoll das Sicherheitsventil drückte, so konnte er sich von 1 in drei ausdehnen, drückte er mit 4 ℔ Kraft gegen Quadratzoll, welches ohngefähr bei 220°,5 F. 83°,78 F. war, so konnte er sich zu 4 Kub. F. ausdehnen, atmosphärischen Luft noch das Gleichgewicht halten. Weiteren Versuchen nach geben 227°,5 F. = 86°,89 230° F. = 88° R. 6 ℔; 237°,5 F. = 91°,33 R. 9 ℔. F. = 100°,91 R. 20 ℔ und 282° F. = 111,11 R. 40 ℔ gegen einen Quadratzoll ⁴. Hiernach verfertigte er also Maschinen mit 2 Cylindern, wovon der zweite in gleichen Verhältnisse grösser war als der erste. Hielt z. B. der erste 3 Kub. F. Dampf von 4 ℔ Elasticität auf einen Quadratzoll, so mußte der zweite 12 Kub. F. halten. Indefs wurde

¹ Mannel du Constructeur des Machines à Vapeur par trad. par Doolittle. Par. 1821. 8.

² Repertory of Arts. Lond. IV. 361. Short Statement of and Watt, in Opposition to Hornblower's Renewal of Patent 1792. 8.

³ Bibl. Brit. XXVIII. 271 ff. Phil. Mag. XIX. 133. XC XLVI. 43. Vergl. G. LV. 294.

⁴ Diese Angaben weichen von der oben gegebenen Tabelle ab, und wurden, als zu ungenau, in der Anwendung nicht gefunden.

Ausführung das Verhältniß von 6 Kub. F. und 9 Kub. F. als vortheilhafteste gefunden, und bei denen, die darüber hingingen, war der Erfolg zweifelhaft. Die Einrichtung war übrigens so wie die von HORNBLOWER¹, und da man über das Verhältniß des gebrauchten Brennmaterials und des erhaltenen Effectes dieser Maschinen mit den gewöhnlichen keine im Wesen angestellte vergleichende Versuche hat, so läßt sich über den Vortheil, den sie gewähren könnten, nicht bestimmt entscheiden, jedoch erfordert die Anschaffung von zwei Cylindern mehr Kosten, das dampfdichte Schließen ist bei den mehreren Röhren und zwei Stiefeln weniger leicht erreichbar, die doppelte Oberfläche zweier Cylinder ist schwieriger gegen Abnutzung zu sichern, und sie scheinen also hiernach den oben beschriebenen einfachen Expansionsmaschinen nachzustehen. Beobachtungen führen indess, wenn man die zu verschiedenen Umständen vorkommenden Ungleichheiten abrechnet, allerdings zu dem Resultate, daß durch Anwendung von zwei Cylindern mit Expansion an Brennmaterial gewonnen wird, welches indess nicht eine Folge genauerer Arbeit oder des Vortheils der Expansion überhaupt seyn kann. So fand man bei 8 Condensationsmaschinen, daß mit einem Buschel Kohlen etwas über 20 Mill. & Wasser einen Fuß hoch gehoben wurden, nacher erforderten man 32 Mill. &, die Woolfeschen Expansionsmaschinen hoben mit derselben Quantität von 44 bis 52 Mill. & welchem im Allgemeinen aber nur für die Maschinen mit hohem Dampfdruck und für die Expansionsmaschinen entscheidet². Uebrigens ist der Bau der letzteren im Allgemeinen und auch der Stiefelflügen nicht mit eigenthümlichen Schwierigkeiten verbunden. Es seyen, um dieses im Allgemeinen zu erläutern, Fig. 1. beiden Stiefel A und B von der erforderlichen proportiona- 135.

¹ Nicholsons J. VIII. 262. Phil. Mag. XIX. 133.

² Stuart a. a. O. p. 170. Nach Marestier Mémoire sur les machines à vapeur des États unis d'Amerique Par. 1825. 4. p. 107. haben die einfachen Expansionsmaschinen von EVANS allerdings einen Vorzug vor den doppelten von WOOLFE. Ausführliche und schätzbare Untersuchungen des Effectes der verschiedenen Maschinen nach den neuesten Verbesserungen findet man in Rapport fait à l'Institut de France sur les avantages, sur les inconvéniens et sur les dangers comparés des machines à vapeur cct. par Dupin. Par. 1823. 46. S. 8.

len Gröfse so mit einander durch zwei Röhren verbunden, der obere Theil des einen mit dem unteren des anderen municirt. Tritt alsdann der Dampf durch das Rohr z über Embolus C, indem die Hähne a, b und c geöffnet, d, e aber verschlossen sind, so drückt derselbe den Embolus C, indem er aus A entweicht, zugleich den Embolus D, unter welchem der gebrauchte Dampf durch das Ventil in den Condensator entweicht und niedergeschlagen wird. Sobald beide Emboli herabgegangen, so schliessen sich die drei Ventile a, b und c, es öffnen sich die drei andern d, e und f, und die Emboli werden gehoben.

Die meisten noch üblichen Dampfmaschinen sind doppeltwirkenden (*double reciprocating*) mit einfacher Drucke und Condensation von WATT und BOULTON, um von denselben eine Uebersicht zu erhalten, möge folgende Beschreibung einer solchen vollständigen mit ihren wesentlichen Theilen dienen ¹. Bei B ist ein Theil der Dampfrohre, welche der Dampf zum Stiefel E gelangt, dessen Mantel, auswärts umgebender Cylinder die Zeichnung darstellt. mittelst einer Klappe wird demselben der Eingang in die Dampfbüchse FF gestattet, in welcher halbcylindrischen Oeffnung mittelst der Stange o o ein Schiebladenventil bewegt wird, damit der Dampf durch die Röhren 21 und 22 abwechselnd oben und unter den Kolben gelangt. Die Kolbenstange G, welche somit auf- und abwärts steigt, setzt den einen Arm des Pleuiers H in Bewegung, dessen anderer Arm die Pleierstange mittelst derselben die Kurbel N und durch diese das Pleierrad W bewegt. Um die Kolbenstange G stets in verticaler Richtung zu erhalten, während das Ende von H ein Pleierrad durchläuft, dienen die Stangen g, g und das Parallelogramm

¹ Vergl. BERNOULLI Anfangsgründe d. Dampfmaschinenlehre. Basel 1824. 8. p. 52. Aehnliche Beschreibungen finden sich in den erwähnten Werken von PARTINGTON, ROBISON, J. SMITH Panorama of Science and Art. Lond. 1828. 8. T. II. BOUGNIS, CHRISTIAN, sehr ausführlich bis auf die einzelnen Theile, HERON DE VILLEFOSSE in C. Richesse Minérale. Par. 1819. 4. III. 50 ff. PRONY Neue Architectura Hydraulica übers. v. LANGSDORF. 1801. 4. T. II. Beide Werke mit vielen Kupfern, letzteres zugleich die Theorie berücksichtigend.

Die Stange G selbst geht dampfdicht in der Stopfbüchse 23. Das Schiebladenventil in F, F eröffnet zugleich dem Dampfe, nachdem er den Embolus gehoben oder niedergedrückt hat, einen Ausweg in den Condensator R R durch die Röhre Q. Dieser ist ein geschlossener Raum, in welchen stets durch u kaltes Wasser fließt, dessen Menge durch den Hahn m regulirt wird, und um aus demselben sowohl dieses Wasser, als auch das aus dem Dampfe niedergeschlagene und die stets zugekommene Luft wegzuschaffen, dient die Pumpe S, deren Embolus durch die am Parallelogramm des Balanciers festsitzende Stange I bewegt wird. Das hierdurch gehobene warme Wasser gelangt in einen Behälter, in welchem eine zweite Pumpe, die Warmwasserpumpe V steht, eine gewöhnliche Druckpumpe, durch welche das verdampfte Wasser dem Kessel wieder zugeführt wird, und deren Embolus die gleichfalls am Balanciere befestigte Stange K in Bewegung setzt. Das erforderliche kalte Wasser wird durch die Kaltwasserpumpe U vermittelt der am andern Ende des Balancier's befestigten Stange L aus einem Brunnen gehoben, oder bei einer bloß zum Wasser bestimmten Maschine auch wohl von dem auf diese Weise hergeführten Wasser genommen, gelangt durch die Röhre u u in die Cisterne P, und hieraus in erforderlicher Menge durch Regulirung des Hahns m vermittelst der Stange n in den Condensator. Am Schwungrade selbst befindet sich die excentrische Scheibe s, durch welche das Gestänge t, t seine Bewegung erhält, vermittelst dessen der Winkelhebel r, hierdurch die Pleuelen o o in Bewegung gesetzt, und durch diese das Schiebladenventil abwechselnd geöffnet und geschlossen wird. Concentrisch mit dem Schwungrade läuft das gezahnte Rad p, dessen Pleuelen in das Getriebe q q greifen, und dadurch die Spindel des Moderators oder konischen Pendels P herumtreiben, dessen Pleuelen den Mechanismus in Bewegung setzen, welcher die Dampfklappe v mehr oder weniger öffnet, und hierdurch die Geschwindigkeit des Ganges der Maschine regulirt. Als Nebenbestandtheile sind anzusehen eine durch einen Hahn verschlossene Oefnung bei 24, durch welche frisches Oel, den Embolus zu schmieren, in den Stiefel gelassen wird, und die Barometer-Röhre bei i, welche die Elasticität des Dampfes über den atmosphärischen Druck anzeigt. An der Axe des Schwungrades befindet sich

finden sich dann die Vorrichtungen, welche dazu dienen zur Maschinerie erforderlichen Theile gehörig in Bewegung setzen und zu erhalten, und deren Zahl oft ungemein groß insbesondere wenn die Maschine in einer großen Fabrik einer Brauerei, einer Mühle, oder sonst alle einzelnen Theile bewegen bestimmt ist. Nebenbei sind die Maschinen meist sehr schön gearbeitet, fein polirt und mit vielerlei Zierratzen versehen, stehen auf einem Boden von polirten Steinen und werden durch den Wärter (*engine man*) von allem Staub und Schmutze sorgfältig rein gehalten, welches in so fern nützlich ist, als zugleich die wesentlichen Theile der Maschine sorgfältig beachtet und etwa nöthige Reparaturen sogleich aufgefunden werden.

Außer dieser nach englischer Methode gebaueten Maschine möge hier noch die Beschreibung derjenigen Platz finden für ALBERT und MARTIN 1809 den durch die *Société d'Amélioration* festgesetzten Preis von 6000 fr. erhielten, wo die Bedingungen waren, daß die Maschine 1000000 Kilogramm Stunden zu 1^m Höhe heben sollte, mit einem Aufwande von 7,5 fr. der Unterhaltung einschließlich der Capitalzinsen Anschaffung und Abnutzung. Sie zeichnet sich sehr aus durch ihren sinnreichen und compendiösen Bau ¹. Der Sieder ist ganz getrennt vom Condensator und der Luftpumpe kann leichter reparirt werden, da alle Theile frei liegen. Zuerst eine Seitenansicht der wichtigsten Theile in ihrer Zusammensetzung zu geben, ist B ein Behälter mit kaltem Wasser mit heißem, aus der Verdichtung des Dampfes gebildet, ist das Rohr, welches das zum Einspritzen erforderliche Wasser herbeiführt, verschließbar durch den Hahn E, der Schlüssel durch die Stange F F verlängert ist, oben mit Kurbelstücke, und einer eisernen Stange, welche mit andern Ende mittelst eines Scharnieres an dem Arm um den Stützpunkt G drehbaren Hebels befestigt ist, wodurch die Quantität des Einspritzewassers regulirt wird. H Hebel des Schiebventils, welches den Dampf abwechselnd über den Embolus oder in den Condensator treten läßt.

¹ Aus Borgnis *Traité de Méc. Comp. des Mach.* p. 110.

ndensator, K Ableitungsrohr für das Wasser in den Cylindern, wenn die Maschine in Gang kommen soll, L Evacu-
 ventil, welches der Luft den Zutritt versperrt, M Schieb-
 til, die Oeffnung zu vergrößern oder zu vermindern, durch
 welche der Dampf in den Condensator tritt, N der Moderator
 oder Gouverneur, dessen rotirende Bewegung durch eine Schnur
 am Ende, welche um die Rolle P, die Rolle O, welche die
 rotirende Bewegung hervorbringt, und die durch ein mit
 actirten Linien angedeutetes Gewicht niedergehaltene Rolle Q
 geht, wodurch das Seil stets in gleichmäßiger Spannung bleibt.
 Durch den Moderator wird der Hebelarm R bewegt, und hier-
 durch das Ventil M, wonach also die Menge des zugelassenen
 Dampfes größer oder geringer ist. S ist die Condensations-
 pumpe, welche mit dem Condensator in Verbindung steht,
 und Wasser aus demselben in das Gefäß C führt; T kleine
 Wasserpumpe, um schon erwärmtes Wasser dem Siedekessel
 zuzuführen; U U eine Zwinge aus zwei doppelten Streifen be-
 stehend, zwischen denen sich zwei runde eiserne Stangen be-
 finden, welche drei durchbrochene und so eingerichtete Hals-
 stücke tragen, daß sie zwischen den Streifen auf und nieder
 gehoben werden können, sich aber vermittelst eines Schlüs-
 sels anziehen lassen, wenn das Spiel der Maschine beginnt. V
 der Hebelarm, dessen Länge den zwischenangebrachten He-
 belstücken auf eine solche Weise proportional ist, daß die Kol-
 benstange sich lothrecht bewegt. Letztere bewegt dann zu-
 erst die Wasserpumpe T, die Luftpumpe S, deren Stange
 mittelst der vorstehenden Stücke a a zugleich das Dampf-
 ventil regiert, und auf eine ähnliche Weise als den Hebelarm V
 auch denjenigen Hebelarm, durch welchen das Schwungrad in
 Bewegung gesetzt wird.

In der Durchschnitzzeichnung des Stiefels zeigt A A den Fig.
 inneren Raum desselben, B B einen mit ihm zusammenhän- 138.
 denden Dampfcanal, C den Deckel, welcher bei T hohl ist,
 dem Dampfe den Zutritt über den Embolus zu verstatten.
 Die Stopfbüchse ist für sich klar; bei D aber wird ein Schlüs-
 sel mit einem Getriebe O eingebracht, welches in die gezahnte
 Röhre N eingreift, und vermittelst Umschrauben derselben
 die Platte M niederdrückt, und die Stopfung des Embolus da-
 durch zusammenprefst. Der Schlüssel hat unten einen Stift,

Dampfmaschine.

man ihn festzuhalten, und dieser greift in eine Röhre der M. E E ist der Raum, in welchen der Dampf dringt, um wo aus er durch B B über und durch S S unter den Embolus gelangt; F F ein Behälter für den Dampf; H die Stange, die das Schiebventil vermittelt eines gehobenen Sector wegt; K eine Feder, um diese Stange gegen die konisch findenden Oeffnungen zu drücken, worin sie sich bewegt, dadurch zugleich das Entweichen des Dampfes zu hindern der Canal, welcher zum Condensator führt.

Fig. 189. Eine noch deutlichere Ansicht gewährt ein unterer 3 des Stiefels mit einigen angehörigen Theilen in der Gegen Ventil. Hier ist A der Stiefel; I der Canal, durch welchen der Dampf über den Embolus gelangt; O O Basis des Schiebventils; T Oeffnungen, durch welche der Dampf über unter den Kolben gelangt; U Canal, welcher zum Condensator führt; v, v, v, v vier geneigte Ebenen, welche dazu dienen das Ventil aufzuheben, wenn die Luft weggeschafft und die Maschine in Gang gesetzt werden soll; P Luftpumpe; z z der Arm der Luftpumpe und a einer der Arme, welcher dazu dient das Ventil mittelst jener Stange in Bewegung zu setzen; b der Condensator. Die Zeichnungen stellen die Maschine in dem Augenblicke dar, wenn der Dampf durch T über den Embolus a und diesen niederdrückt, zugleich aber durch S unter den Embolus weg in den Condensator dringt.

Soll die Maschine in Gang gebracht werden, so drückt man auf die Handhabe des Hebels H, welcher das Schiebventil in Bewegung setzt, um es auf die vier geneigten Ebenen v zu heben, wodurch alle Zugänge dem Dampf offen stehen, die Zähne des Triebwerkes sind verlängert und hinlänglich tief ausgearbeitet, so daß das Ventil genug gehoben werden kann. Sind die Räume mit Dampf erfüllt, so legt das Ventil wieder auf seine Stelle, und läßt das Spiel der Maschine beginnen.

Die Dimensionen dieser Maschine, welche ohngefähr der Kraft eines Pferdes der Aufgabe nach seyn sollte,

1 S. die unten folgende Art dieser Berechnung unter *Fig. 190 Dampfmaschinen*. Ihre wirkliche Leistung stimmt nach dem

e: Durchmesser des Kolbens $0^m,21$ (7 Z. 10 L.), durch-
 e Raum desselben $= 0^m,43$ (16 Z.), Inhalt des Kessels
 Litres (20 Kub. F.), Menge des enthaltenen Wassers
 res (17 Kub. F.), dem Feuer ausgesetzte Fläche $= 2^m,75$
 ad. F.), Oberfläche des Wassers im Kessel $= 1^m,27$
 ad. F.). Sie hob in 12 Stunden 913776 Kilogr. Was-
 1^m Höhe mit einem Verbräuche von 144 Kilogr. Stein-
 von Valenciennes.

inreich ausgedacht ist ferner die durch PERRIER vorge-
 ie Maschine, welche dazu dienen soll, überall in Werk-
 aufgestellt zu werden, weswegen sie in jeder, auch nur
 Dimension ausführbar und tragbar seyn muß².

r Cylinder A liegt horizontal über dem Gefäße mit kal- Fig.
 sser B, aus welchem das zur Condensirung und zur 140.
 g des Kessels erforderliche Wasser genommen wird. Die
 ler Kolbenstangen c, c bewegen durch Hebelstangen die
 der Schwungräder, zugleich aber sind an ihnen die
 t und m' r befestigt, welche über das Bogenstück p ge-
 diesem, und hiermit zugleich den Enden des Balanciers
 e Bewegung mittheilen, deren ersteres durch die Stange
 uerung der Hähnen bewirkt, letzteres durch h den Kol-
 : Condensationspumpe e bewegt, beide Stangen sind
 pelten Ketten über den Bogenstücken der Enden des Ba-
 befestigt, oder könnten auch durch ein gezahntes Ei-
 mittelst eines Getriebes nach einer schicklichen Einrich-
 hoben und niedergedrückt werden. Bei d & befindet
 : Condensator, und die sonstige Einrichtung ist wie bei
 ppelt wirkenden Dampfmaschinen. Uebrigens hatte
 MEATON vorgeschlagen, die Dampfmaschinen tragbar zu
 und zur Austrocknung der Sümpfe zu benutzen².

ie besondere Erwähnung verdient ohne Zweifel die von
 IGHY vorgeschlagene Maschine³ wegen ihres sinnrei-

zen hiermit nahe überein, ist aber noch etwas größer, als er
 n seyn mußte.

Borgnis *Traité complet de Mécanique appliquée aux Arts. Ma-*
drauliques Par. 1819. 4. p. 292.

Meaton Reports. Lond. 1797. 4. Partington a. a. O. p. 35.

Phil. Mag. I. 1. Repert. of Arts. X. 1. Stuart 155.

chen Boden und ihrer wahrscheinlichen leichteren An-
 keit, indem sie ihrer ursprünglichen Bestimmung nach
 stillirepparat an gebracht ¹, und somit der ganze oder
 stens der größte Theil des Brennmaterials erspart wird.
 Fig. Der Stiefel a a mit dem Embolus b erhält den Dampf d
 141. Rohr y, welches durch das Ventil r verschlossen wird
 Embolus befindet sich außer der eigentlichen Stange
 eine andere, welche den im Cylinder c c beweglichen
 d trägt. Durch das Rohr g steht der Cylinder mit d
 demotor in Verbindung, welcher aus dem im kalten
 stehenden hohlen Cylinder f f besteht. Vom Boden de
 des c c geht eine Rohr l in das Gefäß n, worin
 Schwimmer o, und an diesem das in die freie Luft an
 Ventil p befindet, außer welchem noch eine bei i, de
 sich bei k im Embolus b angebracht ist. So wie die
 dersteht, befindet sich der Embolus b in handgebende
 gang, erzeugt durch den Dampf im Cylinder a a, u
 nach der Embolus d handsteigend. Ist der erste
 des Kessels erreicht, so öffnet sich das Ventil k, de
 kommt mit dem Condensaten in Verbindung, während
 das Ventil r niedergedrückt wird, und dem Dampfe
 deren Zutritt abschneidet, so daß durch die Wirk
 Schwungsgrades der Embolus b in dem Cylinder c c ohne
 stand in die Höhe gehoben werden kann. Zugleich er
 der Embolus d; das Klappenventil i öffnet sich, der
 sirte Spiritus dringt durch das Rohr e in den Cylinder
 der Embolus b das Ventil k schließt, und das Ventil
 öffnet, so daß der Dampf aufs Neue über denselben
 und denselben niederdückt. Indem aber der Embol
 gleich mit niedergeht, drückt er den durch das Venti
 schlossenen Spiritus durch das Rohr m in das Gefäß
 durch das Rohr q wieder in den Kessel, oder an den O
 Bestimmung. Sammelt sich aber zu viele Luft im G
 so sinkt der Schwimmer o, und sie entweicht durch d
 p. Die Art, wie durch die Arme u u; v v; w w und

¹ Dieser nämliche Vorschlag ist neuerdings wiederholt
 CVIII. 893.

xxx die rotirende Bewegung hervorgebracht wurde, gehört unter die sinnreichsten mechanischen Erfindungen.

Die erste Maschine mit *hohem Drucke* (*high pressure engine*) hat LEUPOLD¹ angegeben, und sie ist so einfach, daß einer kurzen Erwähnung nicht unwerth scheint. Zwei Stie- Fig. 142.
 r und s sind auf dem Gerüste über dem Kessel angebracht, welchem ein einziges Rohr beide zu füllen dient. Ein doppelt durchbohrter Hahn k wird allezeit um einen Quadranten gedreht, und führt dann den Dampf unter den einen Embolus, während er unter dem andern d in die freie Luft entweicht. Jeder Embolus treibt eine besondere Stange, und setzt zugehörigen Hebelarm in Bewegung. Ganz eigentlich aus-
 führt wurden die Maschinen mit hohem Drucke aber vorzüglich seit 1802 durch VIVIAN und TREVITTRICK, hauptsächlich den Vorschlag zu realisiren, welchen ROBISON schon 1759 an hatte, nämlich Wagen durch Dampfmaschinen zu bewegen. Obgleich daher das Princip ihrer Dampfmaschinen nicht eigentlich neu genannt werden kann, so berechtigt sie doch die zweckmäßige Anordnung und die Schönheit aller einzelnen Theile, eine neue Epoche in der Geschichte dieser wichtigen Erfindungen zu bezeichnen². Ueberdem ist der Bau ihrer Maschinen im höchsten Grade einfach, und die Zeichnung giebt eine genügende Vorstellung derselben. Es ist nämlich a der im Fig. 143.
 Dampfkessel selbst stehende Stiefel, b der Embolus, c das Dampfrohr, welches den Dampf nach der Stellung des Hahns abwechselnd über oder unter den Embolus leitet, je nachdem die Röhre d geöffnet oder geschlossen ist, und durch ff entweicht der Dampf, nachdem er seine Wirkung geleistet hat, in den Kessel, der Hahn k endlich wird durch eine, an der Kolbenstange x angebrachte Stange geöffnet und geschlossen. Das Ansehen eines Schwungrades, einer Barometerröhre mit Quecksilber, um die Elasticität des Dampfes zu messen, eines Sicherheitsventils und noch obendrein die Vorsicht, ein Stück eines geschmolzenen Metalles in den Kessel zu setzen, damit dieses

¹ Theatr. Mach. II. Tab. 30.

² Stuart a. a. O. p. 163. Partington a. a. O. p. 162. Millington a. O. p. 380.

bei zu grosser Hitze schmelzt und das Wasser auslaufen läßt, wurden bei dieser Maschine gleichfalls in Anwendung gebracht. Eine Maschine dieser Art in SOUTH WALES hatte einen Cylinder von 8 Z. Durchmesser, dessen Embolus 4 F. durchlief. Sie trieb eine Pumpe von 18,5 Z. Durchmesser, deren Embolus gleichfalls 4 F. Hebung hatte, das Wasser wurde 28 F. gehoben, und die Maschine machte 18 Hübe in einer Minute. Mit 80 & Kohlen in einer Stunde hob also die Maschine 15875160 & Wasser einen Fuß hoch ¹. Genaue vergleichende Versuche zwischen diesen und den Condensationsmaschinen sind indess noch nicht angestellt, ohngefähr aber soll nach STUART bei gleichem Verbräuche von Kohlen jene etwa 0,8 so viel leisten als diese, wobei jene indess auch unter dieser Voraussetzung in dem geringen Raume, den sie einnimmt, und in der Anordnung, die man ihre Wirkung nach Erfordern erhöhen oder vermindern kann, grosse Vorzüge darbietet.

Bei den Dampfmaschinen mit hohem Drucke geht also meistens, wie man ersieht, eine Menge Kraft mit dem Entweichen des noch mindestens bis zur Siedehitze heissen Dampfes verloren. Indess hat unlängst OLIVER EVANS in *Philadelphia* Maschinen mit hohem Drucke gebaut, bei denen das aus dem Dampfe condensirte Wasser den Kessel wieder speiset ³, und ist also hierin seinem neuerdings berühmt gewordenen Landmann PERKINS vorangegangen.

Am meisten Aufsehen in den neuesten Zeiten hat nämlich die von PERKINS erfundene Maschine erregt, deren Erfinder ein mechanisches Genie schon früher unter andern durch seine *Piezometer* ⁴ und später durch die Erfindung der *Dampfkanonen* bekannt geworden ist. Nachdem schon früher Verschiedenes über dasjenige, was er zu leisten verspreche, für und wider geredet war, erhielt er 1823 ein Patent, und zeigte dann ein Modell, welches von vielen gesehen und in seiner Wirksamkeit

¹ Stuart p. 164.

² Die Ursache des geringeren Effectes erklärt sich daraus, daß der Dampf siedendheiss entweicht, und somit die Wärme, welche ihn auf diese Hitze erhebt, ungenützt verloren wird.

³ Gill's Technical Repository. N. XXII. p. 249.

⁴ S. *Compressionsmaschine für Wasser*.

bachtet wurde¹. Eine im Mechanic's Magazine Nro. 3 u. 6 gegebene Zeichnung und Beschreibung² liegt bei denjenigen im Grunde, was auf dem Continente darüber bekannt geworden ist³, doch sind außerdem noch verschiedene einzelne Nachrichten mitgetheilt, und alle Beschreibungen stimmen in den Hauptsachen genau mit einander überein⁴.

Statt des Dampfkessels hat diese Maschine den sogenannten Fig. 144. Dampferzeuger (*generator*) A B C D von Glockenspeise, dessen Rinde etwa 3 Z. dick sind, und welcher ohngefähr 8 Gallonen Wasser faßt. Dieser steht lothrecht ganz vom Feuer umgeben in einem Ofen E E E E, welcher möglichst gegen die Ableitung der Wärme und ihren Verlust nach außen gesichert ist, und dessen Rauch aus dem nur angedeuteten Schornsteine G entweicht. Das Feuer wird angeblasen und lebhaft brennend erhalten durch einen Blasebalg H, welcher die Maschine treibt, und aus welchem ein Rohr I K zum Feuer führt. Auf solche Weise erhält das Wasser im Generator zwischen 300° bis 400° F. = $119,11^{\circ}$ bis $205,5^{\circ}$ R. Wärme⁵, oder nach andern 162° bis 184° R.⁶. Die-

¹ Lond. Journ. of Arts and Sc. Nro. XXV. p. 36. ebend. V. 201.

² Stuart a. a. O. p. 205.

³ Ann. C. et Ph. XXII. 429. Bibl. univ. XXIII. 133. XXIV. 66. LXXV. 117. In der letzteren Darstellung ist einiges nicht ganz richtig.

⁴ Eine, angeblich unter den Augen des Erfinders gemachte Zeichnung befindet sich in Brewster's Edinb. Journ. of Sc. N. 1. mit Beschreibung p. 146. Sie weicht in einigen nicht sehr wesentlichen Punkten von der hier mitgetheilten ab, indess sind die Abweichungen von dem beabsichtigten Zwecke weit weniger angemessen, als in der hier mitgetheilten. Sie ist ursprünglich entlehnt aus London J. of Arts and Sc. 1824. 1. Daraus in Bibl. Univ. XXV. 182. woraus sie Brewster genommen hat.

⁵ Diese Angabe ist von Stuart p. 204. Nach der oben mitgetheilten Tabelle gehören hierzu 4,3 und 15 Atmosphären der Elasticität des Dampfes.

⁶ Edinb. Phil. Journ. a. a. O. und G. a. a. O. Diesen letzteren Temperaturen gehören nach G. G. Schmidt bei G. LXXV. 345. die Elasticitäten von 30 und 73 Atmosphären zu, die Tabelle aber giebt hier nur 14,2 und 23,3 Atmosphären. Daß aber die Schmidtsche Formel mit andern sehr genauen Versuchen, namentlich den Arzbergerschen übereinstimme, ist oben im Art. *Dampf* gezeigt. Indess beweiset

Die Angaben sind indess zu geringe, und müssen nach der mitgetheilten Tabelle für die Elasticitäten des Wasserdampfes auf 205° R. oder 494° F. erhöht werden, wenn die Berechnung des Effects der Maschine richtig ist. Im Deckel des Dampfzengens befinden sich 4 Röhren, deren eine 888 als Sicherheitsventil dient. Sie ist nämlich in der Gegend des sie umgebenden Kastens ab so dünn, daß sie hier nur den vierten Theil des Druckes auszuhalten vermag, wofür die übrigen Theile der Maschine berechnet und gearbeitet sind, wo sie bei Ueberladung der Ventile, ohne Nachtheil der Umstehenden, wie ein Stück Papier zerreißt; zugleich führt diese Rohre zu dem eigentlichen Mechanismus bei v v, welcher darin besteht, daß der gehobene Zeiger f am Zifferblatte die Zahl der Atmosphären anzeigt, welchen die Spannung des Dampfes gleich kommt. Die zweite Rohre m 555 ist bestimmt, das überflüssige Wasser, wenn der Dampfbereiter überfüllt seyn sollte, oder die zu heißen Dämpfe abzuleiten, ohne sie zu verlieren, und dient also gleichfalls als ein Sicherheitsventil. An der Stange u befindet sich nämlich ein stählernes Ventil, welches durch einen Druck von 10 Atmosphären niedergedrückt, aber durch die Gewalt des

dieses nichts gegen die Richtigkeit der durch Perkins angestellten Versuche und gegen die Anwendbarkeit seiner Maschine. Einmal weichen nämlich die Angaben der Temperaturen so sehr von einander ab, daß sie schon deswegen kein Zutrauen verdienen, anderntheils hat Perkins die Temperaturen überall nicht direct gemessen, sondern nur nach Gutdünken angegeben, oder vielmehr nach falschen Grundlagen aus den Elasticitäten berechnet, endlich aber ist es unmöglich, daß bei der Heizung die Temperatur des Wassers nicht hätte über selbst 184° steigen sollen. Ich habe wiederholt die Hitze des Papinischen Digesters so weit getrieben, daß der unter dem Deckel befindliche Hanf verkohlte war, welches unter dem Schmelzpunkte des Bleies nach Biot $= 224^{\circ}$ nach Prechtel in Jahrb. d. Pol. Inst. I. 200 unter 257° R. nicht geschehen kann, und dann lagen unter dem Topfe nur wenige Kohlen, so daß der Generator ganz vom Feuer umgeben ist. Kant der Dampf einmal gar nicht entweichen, so steigt die Hitze leicht zu hohen Graden. Weit wahrscheinlicher ist es aber, daß Perkins die Elasticität des Dampfes nach den Gewichten, womit seine Ventile beschwert waren, richtig gemessen, als daß er diese unrichtig bestimmt, die Hitze des Wassers im Generator aber richtig thermometrisch gefunden haben sollte, wozu obendrein gar keine Vorrichtung bei seiner Maschine vorhanden ist.

enden Wassers oder der zu heißen Dämpfe, wenn diese angegebenen Druck übersteigt, gehoben wird, so daß sie den Behälter S T V X entweichen können. In diesen gehen außerdem die gebrauchten und bedeutend abgekühlten Dämpfe rück, und behalten nur eine Spannung von 5 Atmosphären. Ist ihre Spannung höher, so heben sie das Ventil der Röhre 77, und entweichen in das Reservoir Z, aus welchem (durch in der Zeichnung nicht angegebenen Mechanismus) Wasser in den Behälter getrieben werden kann.

Als ein Hauptbestandtheil der Maschine ist die Compressionspumpe L anzusehen, welche durch den Hebel M bewegt wird, das Wasser aus dem Behälter S T V X durch das Rohr 66 einzieht, und mit einer Kraft von 36 Atmosphären durch Rohr 4444 in den Dampferzeuger drückt, so daß der Abzug hierdurch stets wieder ersetzt wird. Das stark comprimirte, durch die Hitze in Dampf von einer 35 Atmosphären stammenden Elasticität verwandelte Wasser öffnet dann Ventil w, und dringt durch das Rohr n 222 in die, zur klareren Deutlichkeit unten abgesondert gezeichnete Maschine, in dem horizontal liegenden Stiefel P P bewegt der Embolus, und setzt hierdurch mittelst der Stange Q das Schwungrad R in Bewegung. Die Steuerung der Hähne, welche durch die Stange geschieht, wird durch das gezahnte Rad N am Schwungrade werkgestellt, welches in ein anderes O eingreift, und durch dieses das Rad U bewegt, woran die Steuerungsstange T befestigt ist. Die Bewegung des Embolus war bei den angestellten Versuchen so schnell, daß er 200 Züge in einer Minute machte. Der Cylinder hielt nur 2 Z. Durchmesser und war 18 Z. lang, die Bewegung des Kolbens betrug 12 Z. Alle Theile der Maschine sind so stark, daß sie einen Druck von 4000 lb gegen einen engl. Quadratzoll aushalten, die Kraft aber, womit sie arbeitet, beträgt nur 500 lb gegen einen Quadratzoll, und rechnet man hiervon 70 lb für den Druck von 5 Atmosphären ab, so bleiben der Dampf nach seiner Wirkung noch behält, so bleiben 430 lb als wirklich bewegende Kraft übrig. Eine solche Maschine soll so viel leisten, als eine Watt'sche für 10 Pferde, dabei nur 1 Buschel Kohlen gebrauchen, wenn diese letztere einen Buschel erfordert. Hierzu käme dann insbesondere noch der geringe Raum, den die Maschine einnimmt, denn die vorgezeigte

bedeckte nur einen Raum von 8 F. Länge und 6 F. Breite, d. h. nur 48 Quadratschuhe. Das Sicherheitsventil hält, gegen den Druck bis auf 1000 P. gegen einen Quadratzeil, also ein Viertel derjenigen Stärke steigt, welche die Theile der Maschine auszuhalten vermögen¹.

Diese sind die, größtentheils von Augenzeugen der Wirkungen dieser Maschine mitgetheilten Angaben und Bemerkungen. Es läßt sich kaum erwarten, daß sie nicht beobachtet haben oder getäuscht seyn sollten, im wahrsten Sinne nicht nur vorzüglich, das Zeugniß des ansehrwürdigen, klugen, besonnenen und noch obendrein dem ehrwürdigen Watt seinen Erfindungen mit leidenschaftlicher Vorliebe abgeben. STUART's entscheidend scheint, welcher die Thatsache selbst keinen Zweifel stellt, zugleich aber die ganze Befriedigung übermäßig hoch anschlägt. Es heißt darüber in der Hauptsache²: „*PERKINS habe im Wesentlichen keine bedeutende Verbesserung der Dampfmaschine angegeben, insofern er nicht zeigte, in allen ihren Theilen mit der Watt'schen übertrifft, auch sey die Anwendung des Dampfes von prodigiöser Stütze, keine absolute Neuigkeit bei den Dampfmaschinen. Aber die Methode der Heizung bei einem solchen Druck, einfache und wirksame Weise, den Dampf zu erzeugen und festzuhalten, könne allerdings zu den wichtigsten Erfindungen der Zeit gehören. Ob aber wirklich so viel an Brennmaterial erspart werde, sey fraglich, doch sey es schon wichtig, auch nur den vierten Theil desselben zu ersparen.*“ Das Princip, worauf die Entscheidung über den Vortheil, diese Maschinen gewähren, beruhet, ist oben gewürdigt³, die Berechnung ihres Effectes wird unten noch einiges kommen.

Endlich verdient auch noch diejenige Maschine, mindestens des geschichtlichen Interesses wegen, erwähnt zu werden, welche der Graf Bucquoy nach einer sinnreichen Idee bloß aus Holz zu *Rothhaus* ziemlich im Großen wirklich ausführte.

1 Die Maschinen werden fabrikmäßig gemacht bei Mr. Perkins & Co. Nro 41. Waterlane, Fleet-Street. London.

2 Stuart a. a. O. p. 206.

3 S. Dampf; latente Wärme desselben.

, und sich somit also von der Möglichkeit ihrer Anwendung erzeugte. Der Preis derselben belief sich auf nicht mehr als 1 Gulden, und es könnten daher allerdings Fälle eintreten, es nützlich wäre, eine solche zu erbauen. Indem sie aber die Selbststeuerung hat, und der Natur des Materials nach nicht dauerhaft seyn kann, so wird sie auch schwerlich allge-
 mer eingeführt werden. Eine weitere Beschreibung dersel-
 ben würde indess aus diesem Grunde und auch deswegen nicht
 zweckmässig seyn, weil der Erfinder selbst gesteht, daß sie
 nur einer bloßen Beschreibung selbst mit Hülfe der davon ent-
 fernten Zeichnungen schwerlich genau ausgeführt werden
 könnte ¹.

Einzelne Theile der Dampfmaschinen.

Ohngeachtet des großen Umfanges, wozu dieser Artikel
 bereits angewachsen ist, muß doch der Vollständigkeit wegen
 noch eine kurze Beschreibung der einzelnen Theile und eine
 Angabe der vorzüglichsten Bedingungen ihrer zweckmäßigen
 Construction hinzugefügt werden ².

1. Der *Heizapparat* erfordert eine vorzügliche Sorg-
 falt, weil die Consumption an Brennmaterial diese Maschine
 hauptsächlich kostbar macht. Es ist daher nothwendig den
 Heizapparat so einzurichten, daß das Brennmaterial bei ge-
 höriger Luftzuge leicht und vollständig verbrennt, die erzeugte
 Wärme dem Dampfkessel vortheilhaft mitgetheilt wird, und
 nicht zu viel heiße Luft aus dem Schornstein entweicht. Man
 setzt daher einen Rost an, um das Brennmaterial allgemein

¹ Beschreibung und Zeichnungen finden sich im Hesperus 1812.

² Vergl. G. XLIII. 102. Beschreibung einer Dampfmaschine u. s.
 von Gr. von Bucquoi. Prag. 1814. 8.

³ Vergl. im Allgemeinen PROXY Neue Arch. Hydr. T. II. BORGNI-
 ON Médec. appliquée aux Arts. Par. 1818. Compos. des Mach.
 de VILLEFOSSE de la Richesse minérale. Par. 1819. T. III. BER-
 LIAN Anfangsgr. d. Dampfmaschinenlehre. p. 164. PARTINGTON a. a.
 CHRISTIAN Traité de Mécanique industrielle. III Tom. Par. 1822 bis
 II. 86 ff. 309 ff. mit sehr schönen Kupfern, der Text weitläufig.
 Freundschens Maschinen in Berlin sind nach allen Theilen beschrie-
 ben und durch zweckmäßige Zeichnungen erläutert von BRÖMEL bei G.
 II. 49.

mit der zuströmenden Luft in Berührung zu bringen, um höhet den Schornstein, um hierdurch den Luftzug zu verren, umgiebt ferner den Heerd mit schlecht wärmeleitenden Substanzen, und lässt die durch das Feuer erhitzte Luft den Rauch von dem Heerde in einem Canale erst wieder durch den Kessel und dann rund um denselben streichen, dem Kessel möglichst viel Wärme mitzutheilen, ehe sie an Schornsteine entweichen. Das letztere Mittel, welches WATT in Anwendung brachte, ist aber nur dann vorthewenn der Kessel groß ist und die Canäle hinlänglich weit können, um den erforderlichen Luftzug und das vollständige Verbrennen des Feuermaterials nicht zu hindern. Eine zweckmäßige, durch MATHIEW MURRAY aus *Leeds* 1799 zuerst gegebene Einrichtung¹ ist das Register des Feuerheerd Schieber, welcher von selbst herabsinkt und den frischen Luftzug, somit also auch das rasche Brennen des Feuers hindert, wenn die Elasticität des Dampfes zu stark wird. Man steuert die Selbststeuerung dieses Registers durch verschiedene Mittel, unter andern durch einen Embolus in einem mit dem Kessel verbundenen Stiefel, welcher durch die vermehrte Elasticität des Dampfes gehoben wird, und den mit ihm verbundenen Schieber sinken lässt. Bei Maschinen von niedriger Leistung kann zur Vermeidung der Reibung statt des Embolus ein kleiner Schwimmer in einer Röhre gewählt werden, welche im Kessel herabgeht, und mit dem durch den Druck des Dampfes gehobenen Wasser gefüllt ist. Dafs man übrigens die allgemein bekannten Mittel einer vortheilhaften Heizung auch hierbezuwenden müsse, versteht sich wohl von selbst, auch hat man des vielen Rauches wegen fast allgemein die rauchverzehrenden Apparate angebracht, welche schon von WATT vorgeschrieben wurden², durch BORGNI³ u. a. aber ausführlich beschrieben sind. Im Allgemeinen besteht ihre Einrichtung darin, man den Rauch wieder zu einer Feuerstelle leitet, wo derselbe verbrennt, durch Zuglöcher mehr frische Luft zuleitet

¹ Stuart a. a. O. p. 159.

² Repertory of Arts. IV. Journ. des Mines. An. X.

³ Traité de Méc. Compos. des Mach. p. 136.

Ein ganz eigener Vorschlag von W. CONGREVE aber ver-
 noch erwähnt zu werden. Er will nämlich gefunden ha-
 daß rohe Kalksteine, den Kohlen beigemischt, die Heiz-
 derselben bedeutend vermehren ², und indem man den-
 auf diese Weise gebrannt wieder erhält, könnte ein be-
 chlicher Theil der Kosten erspart werden.

2. *Dampfkessel* werden meistens aus Eisen verfertigt,
 Schiffen aus Kupfer, weil dieses vom Seewasser weniger an-
 fien wird, sonst aber sind sie zu kostbar. Man versuchte
 die schon seit den ältesten Zeiten bekannten hölzernen
 pfessel anzuwenden, namentlich geschah dieses durch
 und BRINDLEY ³, DROZ, OREILLY ⁴ u. a., allein sie sind
 wenig dauerhaft und selten dampfdicht. BRINDLEY verfer-
 auch steinerne, worin das Wasser durch eiserne Röhren
 wurde ⁵. Am meisten werden sie aus Blechtafeln mit
 en Nägeln zusammengehiethet, und wählt man die Dicke
 Tafeln am Deckel gewöhnlich 2 bis 4 Lin. am Boden dage-
 5 bis 7 Lin. Ihre Form ist zwar willkürlich, indess sind Fig.
 meistens oben gewölbt, an den Seiten und am Boden aber ¹⁴⁵.
 karts gebogen, und entweder inwendig durch eiserne Stan-
 zusammengehalten, oder man läßt diese weg, damit bei
 näßiger Elasticität des Dampfes das Ausbiegen derselben
 Stöße verursacht, und vor der Gefahr warnt. Zum Kitten
 die Fugen nimmt man meistens 16 Th. Eisenfeile, 2
 Almiak und 1 Th. Schwefel, welche fein gepulvert, trok-
 menget und aufbewahrt vor dem Auftragen befeuchtet
 , dann aber bald erhärten ⁶. Dieser Kitt ist indess bloß
 Fugen anwendbar, welche nicht wieder geöffnet
 sollen. Für die übrigen Fugen bedient man sich locker
 enen Hanfgarns, welches man in eine der Fuge ange-
 die Flechte zusammenwickelt, und mit einem Gemenge

¹ Partington a. a. O. p. 183.

² S. Precht in Jahrbücher des polyt. Inst. zu Wien. 1825. VI.
 9 ff.

³ Rees Cyclop. Art. Steam Engine. Stuart a. a. O. p. 158.

⁴ Borgnis Traité de Méc. Comp. des Mach. p. 144.

⁵ Vergl. Nicholson's J. VIII. 169. G. XXIII. 91.

⁶ Partington a. a. O. p. 167.

von Leinölfirnis, Bleiweiß und vielem Mennig überzogen nennt diesen schlechtweg Gaskitt ¹. Der Inhalt des Kessels muß im Mittel 30 bis 36 mal so groß als der des Stieles dieser Raum etwa 0,6 mit Wasser erfüllt seyn. Die Größe des Kessels kommt in sofern sehr in Betrachtung, als er eine hinlängliche Berührungsfläche darbieten muß, um die erforderliche Menge Dampf zu erzeugen. Nach genaueren Angaben von PRECHTL ² liefert eine Fläche von 5 Quadratf. einer Secunde einen Kubikf. Dampf als Maximum, und daher in der Ausführung sicher zu gehen, soll man 20 Quadratf. annehmen ³. Auf 1 Pferdekraft rechnet man ferner 0,5 Kub. F. Dampf, und man muß daher die Zahl der Pferdekraften mit 10 multipliciren, um die Fläche zu finden, die der Kessel dem Feuer darbietet, welches also für eine Fläche von 10 Pferdekraften 100, und von 20 Pferdekraften 200 Quadratf. dem Feuer ausgesetzte Fläche erfordert. vereinigt daher bei großen Maschinen mehrere Kessel, die zu CORNWALLIS sogar 6, wovon stets 3 bis 4 geheizt werden, während man die andern reinigt. Viele Kessel sind von Gusseisen, und bestehen aus einem hohlen Cylinders mit zwei halbkugelförmigen Endstücken. WOOLF bedient sich eines eisernen cylindrischen Kessels mit 2 oder 3 Röhren, die fast parallel unter dem Kessel hinlaufend mit den Ob-

Fig. 146.

1 Millington Grundriss. p. 382.

2 G. LXXVI. 219.

3 S. ebend. Vergl. derselbe im Jahrb. des polyt. Inst. I. 12. Die Größe aus den Versuchen von CLÉMENT in Uebereinstimmung mit den Angaben von DALTON gefolgert wird. Indefs ist diese Annahme wohl etwas insbesondere wenn man berücksichtigt, daß in der Fabrik zu Manchester nur 5 Quad. F. auf 1 Pferdekraft gerechnet werden. S. Bul. Soc. d'Enc. 1822.

4 Andere Angaben, welche fast sämmtlich größer sind, sind von noulli Anfangsgr. d. Dampfmaschinenlehre p. 137. Die Oberfl. des Wassers im Kessel bestimmt MILLINGTON a. a. O. p. 313. für 10 Pferdekraft zu 90 Quad. F. für 15 Pferdekraft zu 60 Q. F. und für 20 zu 360 Q. F. Nach diesen Grundsätzen bestreitet PRECHTL LXXVI. 227. die Möglichkeit des angegebenen Effectes der kleinen Dampfmaschinen. Indefs fragt sich, welchen Einfluß der verschiedene Bau des Dampferzeugers bei derselben, und die Art der Feuerung desselben haben.

liegend überall vom Feuer bestrichen werden. Sie haben einem Ende einen fest eingekitteten Keil, am andern eine abgeschrobene Platte in m, welche abgenommen und somit die Röhren gereinigt werden können. Das Wasser wird in den Kessel geprefst, und die Einrichtung ist gewiß sehr vortheilhaft ¹.

Sonst bestehen die von Woolf gebrauchten Dampferzeuger aus 6 bis 8 Röhren, welche quer unter einem dicken eisernen Kessel liegend diesem den Dampf zuführen. Es ist dann die Oeffnung, in welche das Wasser mittelst einer Pumpe geprefst wird, B enthält das Sicherheitsventil, C ist das Loch zum Hineinkriechen, um den Kessel zu reinigen (*Man-hole*) und D die Oeffnung, durch welche der Dampf zum Stiefel geht. Diese Art wird vorzugsweise bei größeren Maschinen bei hohem Drucke gebraucht ². HENSCHEL bemerkt gegen die Röhren, daß sie durch den ungleichen Angriff des Feuers gleich ausgedehnt werden, und sich daher biegen, und schlägt daher lothrecht herabgehende vor ³. Allein jenes Argument ist nicht von Bedeutung wenn man berücksichtigt, daß das enthaltene Wasser die Wärme überall ziemlich gleichförmig verteilt. Nach der neuesten amerikanischen Einrichtung besteht der Dampferzeuger aus einer einzigen, 100 F. langen, 0,5 Z. Durchmesser haltenden, zur Gestalt eines abgekürzten Kegels von unten 20 Z. oben 10 Z. Durchmesser gewundenen Röhre, in welche das Wasser oben hineinläuft, und während es durch ihre ganze Länge fließt, sich in Dampf verwandelt. Der gebildete Dampf tritt dann aus dem unteren Ende der Röhre in eine eigene Dampfkammer, und wird von hieraus benutzt, die gewundene Röhre selbst ist in den Ofen eingemauert, und es ist keine Gefahr beim Zerspringen, indem sie bei ihrer Dünne leicht zerreißt, und das Wasser auslaufen läßt, wodurch das Feuer verlöscht. Dennoch gewährt sie den Versuchen nach eine Spannung von 90 bis 100 $\frac{1}{2}$ und darüber gegen einen Quadratfuß Fläche ⁴.

¹ Phil. Mag. XIX. 133.

² Partington a. a. O. p. 167. Phil. Mag. XVII. 40. ebend. XLVI. heraus bei G. LIV. 147.

³ G. LXI. 408.

⁴ Nach der Beschreibung der Perkins'schen Dampfmaschinen in Bd. II. G g

Die Kessel setzen, aus dem Wasser stets Pfannen-
 steine, die Flächen werden dadurch schlechte Wärmeleiter, und
 zuweilen gereinigt werden. Man verhindert dieses theils
 dadurch, daß man beim Anfüllen derselben etw
 toffeln oder beim Malzen der Gerste gebildete Wurzelien
 hineinschüttet, welche sich in einen Schleim auflösen
 das Ansetzen des Pfannensteins verhindern. Dennoch hat
 Kessel eine Oeffnung (*trou d'homme*, *man-hole*)
 welche man zum Reinigen desselben steigt, doch soll
 zuvor erst die Luft in demselben mit einem Blasebalge er
 da sich oft eine explodierende Gasart (wahrscheinlich a
 durch das Eisen zersetzten Wasser) oder Stickgas (das
 angewandten Kitt) in demselben erzeugt.

Indem das Wasser im Kessel stets vermindert wi
 muß es fortwährend durch neues ersetzt werden. Vo
 Dingen ist daher erforderlich, die Wasserhöhe im Ke
 kennen. Am einfachsten geschieht dieses durch die n
 tief herabgehenden Rohren *c c* welche auch seitwärts am
 angebracht werden können, und nach dem Oeffnen der
 durch das Ausstromen von Wasser oder Dampf das Ma
 und Minimum des Wasserstandes angeben. Andere Vor
 können um so leichter übergangen werden, als sie n
 Maschinen von niedrigem Drucke anwendbar sind, wo
 durch die Art der Füllung obnehin überflüssig werden.

Fig. 148. bringt nämlich im Kessel die beiden Schwimmer *a a* an,
 entweder aus hohlen kupfernen Behältern bestehen, od
 Steinen, in welchem letzteren Falle sie durch ein Gegeng
 balancirt sind. Sinkt das Wasser, so sinken auch die Sch
 mer, drücken die Stange *c c* und damit zugleich den He
 o herab, dessen Stange in dem hinlänglich hohen Roh
 herabgeht, es hebt sich der andere Hebelarm *d*, wodor
 Ventil *e* geöffnet wird, und das schon erwärmte Wass
 dem Behälter *g* durch die Rohre *f* in den Kessel gelangt.

Fig. 149. einfacher würde folgende Vorrichtung seyn. Die Röh

Brewster's Edinb. Journ. of Sc. N. 1. p. 146. ist das Rohr, walc
 Wasser dem Dampfzeuger wieder zuführt, verschiednemale
 Herd gewunden. Vielleicht ist die Darstellung nicht völlig genau
 findet dabei die nämliche Einrichtung statt.

rt aus dem Behälter R in den Kessel. Bei d ist ein Hahn, welchen der Schwimmer s beim Herabsinken öffnet und dadurch dem Wasser den Zutritt in den Kessel verschafft, beim Steigen aber verschließt. Für Maschinen von hohem Drucke sind eigene Compressionspumpen erforderlich, welche gleich nach dem Wasserstande regulirt werden.

Der Sicherheit wegen wird jeder Kessel vorher probirt, indem man alle Oeffnungen desselben verschließt, das Ventil mit 4 bis 10 fachen Gewichte belastet, womit es gewöhnlich gestet werden soll, und dann so lange heizt, bis das Ventil erschlagen wird. Die Stärke des Dampfes wird dann nachher mittelst eines Manometers gemessen, welcher bei Maschinen von geringem Drucke aus einer krummgebogenen gläsernen oder eisernen Röhre bestehen kann, deren eines Ende a Fig. 150. irgend einem Theile des Dampfapparats verbunden wird, während das andere b frei ist. Auf dem Quecksilber dieser Röhre schwimmt der Schwimmer d mit der Stange e, deren Ende e die Elasticität des Dampfes in Zollen der Quecksilberhöhe über dem atmosphärischen Drucke anzeigt ¹. Bei Maschinen von hohem Drucke wählt man die andere Art der Messung, nämlich eine Glasröhre in einem Gefäße mit Quecksilber, welche die in der Röhre befindliche Luft comprimirt, so daß man den Raume nach dem Mariotteschen Gesetze die Elasticität berechnen kann. Daß die Maschinen von niedrigem Drucke auf diese Weise der Gefahr ausgesetzt sind, durch die übergroße Elasticität des Wasserdampfes zersprengt zu werden, geht aus der mitgetheilten Beschreibung von selbst hervor, denn schon nach dem eben angegebenen Manometer würde der Dampf nach dem Herauswerfen des Quecksilbers und des Schwimmers entweichen, ehe die Elasticität desselben den doppelten Druck der Atmosphäre erreichte. Indefs müssen dennoch bei allen Maschinen, indem sie fast ausschließlich unter obrigkeitlicher Aufsicht stehen, ein oder mehrere Sicherheitsventile (*Soupe de sûreté, safety valves*) angebracht werden ². Sie bestehen im Allgemeinen aus einer Klappe, welche eine Oeffnung von bestimmter GröÙe auf der Oberfläche des Kessels ver-

¹ Partington a. a. O. p. 130.

² Dupin Rapport. cet. sect. 2.

schließt, und entweder durch ein aufgelegtes Gewicht, vermittelt eines Hebelarms mit der erforderlichen Kraft dergedrückt wird. Diese letztere Art (*steelyard valve*) ist am gebräuchlichsten. Die Klappe *a* drückt gegen die Oefnung und wird selbst durch die Stange *d* niedergedrückt, aber bei *a* in einem Scharniere leicht beweglich seyn muß, mit der flach ausgeschliffene Platte nicht schief zu liegen und genau schließt, das Gewicht *c* aber wird auf der Stange näher oder weiter gerückt, je nachdem die Elasticität des Dampfes stärker seyn soll, welcher, über die bestimmte Stärke ausgehend, das Ventil aufschlägt und entweicht. Wenn diese Ventile indeß leicht durch aufgelegte größere Gewichte laden werden können, so wählt man gern diejenigen, die von niemand, als der Besitzer der Maschine, oder eine besonnene Person kommen kann. Sie bestehen gleichfalls aus der Platte *a*, welche auf eine Oeffnung im Kessel aufgesetzt ist, und mittelst der Stange *c* mit mehr oder weniger Bleigewichten *α α, α α . . .* beschwert ist. Ueber das Ventil ist die durchlöchernte Haube *A B* so geschoben, daß sie nicht ohne den erforderlichen Schlüssel nicht abgeschoben werden kann. Zu noch größerer Sicherheit hat man auch vorgeschlagen, die Kessel mit einem Metallgitter auszugießen, welches einige Grade über derjenigen Temperatur schmilzt, die der Dampf erhalten soll, worauf dann das Gitter auslaufen und zugleich das Feuer auslöschen würde¹, indeß ist dieses letztere Hülfsmittel überflüssig, indem neuer Erfahrungen bewiesen haben, daß die durch Zerplatzen von Dampfkessel herbeigeführten Unglücksfälle Folgen der unvorsichtigsten Nachlässigkeit und Unbesonnenheit waren, daher den Maschinen selbst nicht zur Last fallen können. Nothwendig ist aber außerdem ein nach Innen sich öffnendes Ventil, welches der äußeren Luft den Zutritt in den Kessel verschafft, sobald die Heizung desselben aufhört, so daß der Dampf im Innern niedergeschlagen wird².

1 Partington a. a. O. p. 140.

2 Angaben zu solchen Mischungen finden sich von Prechtl in d. polyt. Inst. I. 197.

3 Partington a. a. O. 121. C. Dopin Rapport sur les Machines à vapeur. Par. 1825. 8. Marestier Mémoire oct. p. 105.

4 Partington. p. 143.

EDELKRANZ¹ hat eine Vorrichtung angegeben, wodurch die Ventile vereinigt werden. Nach ihm besteht die Scheibe eben beschriebenen Sicherungsventils aus einem Stücke eines den Kessel geschliffenen Konus, besser aber ist es gewiß, selbe flach zu machen, weil, wie er selbst sagt, solche sich leicht sehr genau auf einander schleifen lassen. Die Platte A ist mit vier Löchern $\beta, \beta, \beta, \beta$ durchbohrt, und auf der derselben liegt eine andere, genau auf dieselbe geschliffene Platte $\alpha \alpha$, welche durch den Dampf und zugleich durch Feder δ angedrückt wird. Entsteht aber im Kessel ein leerer Raum, so drückt die Luft die Scheibe $\alpha \alpha$ nieder, und regt in den Kessel.

Wie groß das Gewicht seyn müsse, womit ein Ventil zu halten sey, ergibt sich sehr einfach. Will man nämlich Dampf von der Siedehitze, oder von einfachem atmosphärischen Drucke, so muß die Scheibe gar nicht belastet werden.

Jeden höheren Druck, wenn man ihr eigenes Gewicht als bedeutend vernachlässigt, läßt sich indess das erforderliche Gegengewicht leicht finden, wenn man berücksichtigt, daß

Luft gegen die Fläche eines Par. Quadratzolles mit einer Kraft im Mittel von fast 15 \& Markgewicht drückt², also für ein Zoll Quecksilberhöhe mit nahe 16 Lt. Ist also der Flächeninhalt der Oeffnung im Kessel = m Quadratzolle, und t die Elasticität des Dampfes über den atmosphärischen Druck in Zolle Quecksilberhöhe betragen, so ist die Summe der aufliegenden Gewichte = $n m$ 16 Lt.

§. Der *Dampfcylinder* ist in der Regel von Gufseisen, und WATT's Versuch, ihn der schlechteren Wärmeleitung wegen von Holz zu machen³, ist wohl später als Vorschlag wiederholt, aber nie auf die Dauer ausgeführt. Genaue Bohrung, gleichmäßige Weite und ebene Polirung sind Hauptbedürfnisse desselben. Oben und unten ist ein starkes Deckelstück angeschroben, und das untere dient zugleich, den Cylinder oder Stiefel möglichst fest auf dem Boden zu befestigen. Ein wesentliches Stück aber ist der Mantel, ein größerer Cy-

1 Aus Memoirs of the Soc. of Arts bei G. XXII. p. 124.

2 S. Th. I. p. 262.

3 Rees Cyclop. Art. Steam - Engine.

Dampfmaschine.

entweder den Stiefel umgießt, und um denselben stets heiss zu erhalten, ganz mit Dampf erfüllt ist, von demselben niedergeschlagene Wasser meistens durch den Boden desselben in den Kessel herabgehendes Rohr abklaubt, welches bei der gleichen Elasticität in beiden Räumen nicht schwierig ist. Bloß bei kleinen Maschinen, wobei die Erschütterung nicht so stark ist, wird der Stiefel in odenauf den Dampfkessel gesetzt werden. Der Embolus, oder Dampfkolben wurde dann nicht gebraucht, wenn er bei möglichst geringer

Reibung vertheilt war, allein dieses

ist nicht zu werden, und man muß daher die

Reibung bringen, welcher bei

der Reibung vorzüglich bedeutend ist, indem

man nur durch zu große Reibung

erhalten. Ebenfalls und auch noch jetzt bei

kleinen Maschinen bestand der Embolus aus

mit zwischenliegendem geflochtenen Hanf,

getränkt und durch Schrauben zwischen den

Platten fest gepreßt wurde. Gegenwärtig bedient

sich nicht indeß weit häufiger der metallenen Linderung, wozu

große Menge Vorschläge gemacht sind. Die ersten dieser

wurden von CARTWRIGHT verfertigt, und bestanden statt

des Hanfes aus drei in Sektoren von 120° zerschnittlenen K-

flächen, welche durch Federn von Innen nach Außen gedrückt

wurden, und indem ihre Schnitte nicht über einander lagen,

schlossen sie überall an die Wände des Stiefels, und bei

ihrem Gebrauche stets dichter an¹. Statt der Sektoren mit

Fig. BROWN Kreissegmente *a a a* von 120° , welche durch zwischen-

154. liegende Keile *b b b* und diese durch die Federn *e e e* aus ein-

ander getrieben werden². Vor Kurzem hat JASSON vorgesch-

lagen, den Hanf des Embolus mit einem wie eine Draht-

schraubenförmig gewundenen Metallstreifen zu umgeben, w-

cher durch seine eigene Elasticität an die Wände des Cylind-

angedrückt wird³. An dem Kolben befindet sich die Stange

¹ Repertory XIV. 331. Nicholson J. II. 364. Ph. Mag. II. 2.

² Evans a. a. O. p. 156.

³ Repertory 1822. Oct. Daraus in Dingle's Polyt. J. 1823. 8.

Die dampfdicht durch eine im Deckel befindliche, mit Hanf Fett gefüllte, Stopfbüchse geht; letztere aber kann etwas abgeschoben werden, damit bei der Condensirung über dem Bolus durch den äußern Luftdruck etwas Fett zum Schmieren des Embolus eindringt, oder es ist zu diesem Ende ein kleiner Schmierhahn angebracht. Damit endlich die Stange des Bolus sich stets in verticaler Richtung bewegt, dient das von mir erfundene Parallelogramm *h h*, dessen Wirkung aus der Fig. 136. deutlich ist.

5. Das *Dampfrohr* leitet den Dampf aus dem Kessel in den Stiefel. Indem aber die Bereitung des Dampfes vielfachen, bestimmbaren, Bedingungen unterliegt, und somit ein unregelmäßiger Gang der Maschine nicht erreichbar ist, so erfand **WATT** den *Moderator, Regulator P (conical pendulum governor)*, zwei Kugeln $\alpha \alpha$, welche an einer um die Axe laufenden Spindel befestigt sind, durch schnellere Bewegung sich weiter von der Spindel entfernen, und dadurch durch mit ihnen verbundenen Hebelarme herabziehen, durch welche dann ein im Dampfrohre befindlicher Hahn mehr geschlossen wird, so daß weniger Dampf ausströmen kann. Man hat später diesen Regulator bei vielen Maschinen in Anwendung gebracht.

6. Ein wesentlicher Theil der Dampfmaschinen ist ferner die *Steuerung*. Hierzu gehören vor allen Dingen die Hähne und verschiedenen Ventile. Von den ersteren mögen hier nur die gewöhnlichen mit zwei Oeffnungen α, α erwähnt werden, Fig. 155. aus der Zeichnung selbst hervorgeht, wie das abwechselnde Spiel derselben den Dampf über oder unter den Embolus und nachher in den Condensator leitet. Beide können in die, den von LEUPOLD angegebenen mit 4 Oeffnungen (*fourway cock*) vereinigt werden, dessen man sich meistens in den Maschinen auf Dampfschiffen bedient, indem hierbei der gebrauchte Dampf in den Schornstein geleitet wird. Man findet es besser, um das ungleiche Abschleifen zu verhüten, stets rundum, statt wieder rückwärts zu drehen, eine von mir erfundene Verbesserung ². Für die Expansionsma-

Stuart a. a. O. 133.

Repertory of Arts. XV. Vergl. Millington a. a. O. p. 374.

schinen hat FARADAY¹ noch einen Hahn (*Sparhahn*) angegeben, welcher den Zutritt des Dampfes abschneidet, wenn der Dampf den erforderlichen Raum durchlaufen hat, und der Dampf sich dann weiter im Stiefel expandiren soll. Unter den übrigen Ventilen verdient noch das konische, durch ein gewisses Getriebe bewagte, und das Schiebventil (*Schiebventil* *Fig. 156.* *Sliding valve*) als vorzüglich brauchbar eine nähere Berücksichtigung, welche beide durch dampfdicht in Stopfbüchsen gehende Stangen geöffnet und geschlossen werden können. Das Öffnen und Schließen dieser Ventile geschieht durch gewöhnliche Stangen, welche in der Regel an dem Balanciere der Maschine angebracht sind, zum Theil auf diejenige Weise, welche in den Figuren der verschiedenen Maschinen angedeutet ist.

7. *Condensatoren* sind kein unentbehrlicher Theil der Dampfmaschinen, werden auch auf Schiffen und bei den stärksten mit hohem Drucke arbeitenden Maschinen nicht gebraucht und sind insbesondere bei den letzteren dann entbehrlich, wenn der benutzte Dampf noch ferner z. B. zum Erwärmen von Wasser, Trockenstuben u. dgl. verwandt werden soll. Dies ist in sofern vortheilhaft, als hierdurch diejenige Kesselwärme spart wird, welche sonst zur Bewegung der Condensationspumpe verwandt werden muß, zugleich aber verliert man einen ganzen atmosphärischen Druck. Die ältere Art der Condensation vermittelt eingespritzten Wassers wird gegenwärtig bei neuen Maschinen nicht mehr angewandt, indem man mehr den Stiefel möglichst warm zu erhalten sucht. Es werden daher genügen, nur einige Condensationsarten hier zu erwähnen.

Eine einfache Condensation findet schon dadurch statt, wenn man den Dampf unter oder über dem Kolben durch ein tief genug herabgehendes Rohr in einen mit kaltem, stets durch erneuertem Wasser umgebenen Behälter leitet, worin die Dämpfe niedergeschlagen werden, und welcher dann zur Heizung des Kessels sowohl erwärmtes, als auch reines und k

1 G. LXVII. 49.

2 Ueber die zahlreichen Abänderungen dieser und anderer Ventile ist nachzusehen BARROUILLI a. a. O. p. 175 ff. Ueber MURDOCK'S 3. Repertory of Arts. XIII.

neusten absetzendes Wasser liefert. Einer solchen Condensirung bediente sich unter andern FREUND, indem er den Dampf durch ein viermal gebogenes, 48 F. langes, in einem kaltem Wasser gefüllten Behälter befindliches Rohr in ein Gefäß leitete, aus welchem es wieder in den Kessel gepumpt wurde. Das Wasser in dem Behälter wurde durch eine eigene Pumpe stets erneuert, während das erwärmte oben abfloß. Hierbei allezeit etwas Wasser verloren wird, und daher muß neues vermittelt eines geeigneten Mechanismus ersetzt werden muß, liegt in der Natur der Sache, und ist es durch nichts schwierig, einen solchen erforderlichen Fall aufzunehmen. Eine eigene sinnreiche Art der Condensirung ist die CARTWRIGHT angegebene, welche aus der Zeichnung genug-^{Fig.} klar und oben näher beschrieben ist. Die gewöhnlichen^{141.} Condensatoren der späteren WATT'schen Dampfmaschinen bestehen übrigens in der Hauptsache aus der Pumpe S., welche^{Fig.} wohl das Wasser als auch die etwa in den Stiefel gekommene^{136.} weg schafft, und deren Mechanismus oben beschrieben ist.

Zuweilen ist der Condensator nicht bloß von stets zufließendem kaltem Wasser umgeben, sondern es wird auch in das Condensationsrohr fortwährend kaltes Wasser eingespritzt, und durch die Condensationspumpe wieder abgeführt, was durch einen einfachen Mechanismus leicht erreichbar ist². An den Condensatoren pflegt man eine Barometerprobe anzubringen, aus dem Stande derselben, verglichen mit dem eines gewöhnlichen Barometers, den Grad der Condensirung, und also die Wirksamkeit der Maschine zu erkennen³.

8. Der *Balancier* oder Baum (*beam*) wird in der Regel von Gufseisen gemacht, wobei aber vorzüglich auf eine geringere Sprödigkeit und Brüchigkeit desselben zu sehen ist. Eine Probe schlägt man mit einem Hammer gegen eine Ecke desselben, und wenn diese einen Eindruck erhält, als wäre sie unelastisch, so ist das Eisen gut, springen aber Splittern ab, ist es hart und brüchig³. Die Form desselben wird zur

1 Eine solche zweckmäßige Vorrichtung beschreibt Nicholson am. V. 147. G. XXIII. 85.

2 Partington a. a. O. 159.

3 Tredgold or cast Iron. p. 7.

Verhütung eines zu großen Gewichtes so gewählt, daß in der Mitte die doppelte Höhe als an den Enden hat, indem zu größerer Stärke höher als breit seyn muß, und aufserdem kann man zur Verhinderung seines Gewichtes ihn durchbrochen verfertigen. Zur Berechnung seiner Dimensionen nenn die im Artikel Cohäsion gegebenen Formeln ¹. Bei ein Maschinerien fehlt der Balancier, indem eine Stange von Kolbenstange herabgehend die Kurbel unmittelbar bewegt, durch sie compendiöser und daher tragbar werden; wie andern bei den durch MAUBELAY ² verfertigten, worin 1807 ein Patent erhielt, bei denen des Bürgers Le Draz, die schon seit längerer Zeit in Frankreich und Deutschland bekannt sind ³, und bei der, worauf EGALL ein Patent erhielt, dessen sinnerreicher Mechanismus aus dem lithrecht gezeichneten Durchschnitte leicht erkannt wird, worin A der Stiefel, Koldenstange und K K das unmittelbar bewegte Schwungrad vorstellen.

Daß die auf die Bewegung der Kurbel verwandte Kraft stets in ihrem Maximo benutzt werde; sondern diese kann statt finde, wenn die Stange mit der Kurbel einen Winkel von 90 Graden bildet; ist einleuchtend ⁴. Es ist daher sinnerreicher und allerdings weiter zu verfolgender Gedanke, die Kurbel, das Parallelogramm und selbst den Balancier entbehren zu machen, indem er die erwähnte Kolbenstange unmittelbar auf zwei gezahnte Räder wirken ließe, welche einer Seite hin durch Eingreifen in ein anderes ihnen liegendes Rad dieses letztere umdreheten; nach der andern Seite merkliche Reibung auf ihrer Axe ohne Wirkung haben

1 S. Cohäsion; relative Festigkeit.
2 Beschrieben bei Borgnis a. a. O. p. 118. Schön gezeichnet als bei Partington Pl. VI, hat aber sonst nichts ausgezeichnetes Ähnliches.
3 Bulletin des Sciences. An. V. daraus bei G. XVI. 556.
4 London Journ. of Arts and Sc. 1823. Nov. p. 232.
5 Macgahetrichs Abhandlung über die Wirkung der Kurbel Dampfmaschinen von AAZENGER findet man in Jahrb. d. Pol. Inst. 570.
6 G. LXI. 412.

ehet wurden, ein leicht auf verschiedene Weise einzurichteter Mechanismus.

Am Balanciere brachte WATT noch einen eigenen Apparat den *Zähler* (*counter*), eine Vorrichtung, die mittelst der Balancier bei jedem Niedergange einen Zahn weiter rückt, so daß man nach einer gegebenen Zeit die Zahl der Umdrehungen wissen kann. Indem man nachher dieses Register dem Durchmesser des Kolbens und dem Raume vergleicht, den er bei jeder Bewegung durchläuft, erhält man die Leistung der Maschine¹. Man hat seitdem solche Zähler vielen Maschinen angebracht.

9. Das *Schwungrad* war eine vorzügliche Vervollständigung des Mechanismus der Dampfmaschinen, welche ihm durch WATT zu Theil wurde, und sie für alle möglichen Fälle der Maschinerie brauchbar machte. Es wird durch die Pleuel in Bewegung gesetzt, welche die halbe Länge des Kolbens bei gleicharmigen Balancieren haben muß, und ist stets von einem ganz außerordentlichen Gewichte, bei den größten Maschinen an 20000 lb schwer, wird aus mehreren Theilen, namentlich der Ring, aus 6 Stücken von Eisen gemacht, und diese werden durch eiserne Schrauben vereinigt. Die Arbeit desselben muß genau und gut seyn, weil sich ein Theil seines Randes oft mit mehr als 300 F. Geschwindigkeit umher Sec. bewegt, und eben daher sind die Speichen an den Pleuel scharf zulaufend, um die Luft mit geringerem Widerstande zu durchschneiden. Um das erforderliche Gewicht des Schwungrades zu bestimmen² wird nach MURRAY und WOOD die Zahl der Pferde, deren Kraft durch die Maschine ersetzt werden soll, mit 2000 multiplicirt und durch das Quadrat der Geschwindigkeit seiner Peripherie dividirt. Es sey daher das Gewicht $= P$ zu suchen, der Durchmesser $= 18$ F. mithin die Peripherie $= 56$ F. Bei 22 Umläufen in einer Minute durch-

¹ Partington. a. a. O. p. 132.

² Theoretische Untersuchungen und Berechnungen des Schwungrades finden sich bei BOUCHES Théorie de la Mécanique usuelle. Par. II. 4. p. 806.

Dampfmaschine

läuft ein Punkt derselben in 1 Sec. $\frac{180 \times 60}{60} = 20,5$ F. hoch

ist für eine Maschine von 20 Pferden

$$P = \frac{20 \times 2000}{20,5 \dots} = 90,4 \text{ Ctn.}^2$$

Effect der Dampfmaschine ².

Um die Wirkung einer Dampfmaschine zu bestimmen, bestimmet man diese nach Pferdekräften, eine Bestimmungsart, welche schon SAVENY ³ deswegen einfuhrte, weil seine Maschinen die Arbeit der Pferde ersetzten, und welche man seitdem beibehalten hat. Wenn man die Wirkungen der Maschinen mit Pferdekräften vergleicht, so liegen dabei in der Regel die von uns angenommenen Bestimmungen zum Grunde. Dieser nimmt an, daß ein Pferd in 1 Sec. 180 \mathcal{E} zu einer Höhe von 3 F. zu heben vermöge ⁴, welches $180 \times 60 \times 3 = 32400 \mathcal{E}$ in 1 Min. 1 F. hoch heben giebt, oder in runder Zahl 33000 \mathcal{E} . Ist also das Gegebene, welches in Pfunden ausgedrückt eine Dampfmaschine in einer Minuta einen Fuß hoch hebt, so dividirt man die Zahl durch 33000, um die Zahl der Pferdekräfte zu finden, welche die Maschine ersetzt, und diese Bestimmung darf man allgemein angenommen betrachten, wenn von den Pferdekräften einer Maschine ohne nähere anderweitige Bezeichnung Rede ist. Diese Bestimmung ist indess viel zu groß, da nur das stärkste Pferd eine solche Anstrengung auf kurze Zeit aushalten kann; WATT wählte indess diese Größe, damit

¹ Partington. p. 134.

² Vergl. Christian Méc. ind. II. 345 \mathcal{E} . Hawkins in Bergisches Journal. 1793. St. VI. p. 469.

³ Stuart a. a. O. p. 44.

⁴ Sonst bewegt ein Pferd nach WATT auch 150 \mathcal{E} . durch engl. Meilen in einer Stunde, welches 33000 \mathcal{E} . zu 1 F. hoch in 1 Min. giebt. S. Watt bei Robison a. a. O. II. 145. SMITHSON, dessen praktische Kenntnisse in diesen Sachen gewiss von großer Bedeutung weiset, setzt die Kraft eines Pferdes nur zu 22916 \mathcal{E} . für gleiche Zeit und Last. Eine Zusammenstellung mehrerer Angaben über die Kraft der Dampfmaschinen, nebst den Registern, welche über eine große Menge englischer Dampfmaschinen geführt sind, finden sich bei G. LIII. 27.

an unvermeidlichen Ausfälle bei der Dampfmaschine das Gedeelte stets sicher geleistet würde. Genauer gerechnet kann man die Kraft eines Pferdes nur zu 22000 \mathfrak{L} annehmen, und mit ist die gewöhnliche Berechnung um ein Drittheil zu wenig ¹. Ausserdem aber muß zur richtigen Schätzung des Effectes einer Dampfmaschine zugleich berücksichtigt werden, daß ein Pferd im Mittel nur 8 Stunden in einem Tage arbeitet, die Maschine aber 24 Stunden, mithin ersetzt eine Maschine von 20 Pferdeskräften in der Wirklichkeit 60 Pferde, man auch zu rechnen pflegt, wenn angegeben wird, wie viele Pferde durch die Maschinen ersetzt werden ².

Zu einer genauen Berechnung des Effectes einer Dampfmaschine würde bloß erforderlich seyn, den Druck zu kennen, welchen der Dampf von gegebener Temperatur gegen die Fläche des Embolus ausübt, um ihn mit einer gewissen Geschwindigkeit zu bewegen, welches bei der jetzigen genaueren Kenntniß der Elasticität des Dampfes keinen sehr großen Schwierigkeiten hervorgebracht ist ³. Wenn man aber berücksichtigt, daß kein Cylinder absolut dicht schließt, mithin allezeit etwas Dampf verfliehet, daß der mit dem Barometerstande wechselnde Druck der Luft bei denjenigen Maschinen, bei denen der Dampf in die Atmosphäre entweicht und die noch übrige Elasticität des abgeflachten Dampfes bei den Condensationsmaschinen als Gegenwirkung in Betrachtung kommt, daß die ungleiche Reibung des Kolbens, der Stange in der Stopfbüchse und der übrigen Theile der Maschine überwunden, daß die Condensationspumpe und die übrigen Theile der Maschine in Bewegung gesetzt und erhalten werden müssen, so begreift man bald, daß auf diesem Wege der eigentliche Effect einer so zusammengesetzten und von

1 S. Prechtel in Jahrb. d. pol. Inst. I. 114.

2 Einen zum Messen des Effectes der Maschinen überhaupt bestimmten Dynamometer hat PROXY angegeben. Ann. Ch. Ph. 1822. vgl. *Dynamometer*.

3 Eine ausführliche Tabelle des Gewichtes, womit der Dampf bei verschiedenen Temperaturen gegen eine Fläche von einem Quadratmetre drückt, nach verschiedenen fremden und eigenen Versuchen, findet man bei CHRISTIAN Méc. ind. II. 247. Es scheint mir aus den im Texte enthaltenen Gründen überflüssig, eine solche zu berechnen oder überhaupt aufzunehmen.

so vielen Bedingungen abhängigen Maschine theoretisch berechnet werden kann. Eine für die praktische Anwendung hinlänglich genaue Konstante erhält man indess aus der Vergleichung desjenigen Effectes, welcher bei den Maschinen beobachtet ist. Aus einer sehr ausführlichen Zusammenstellung genauer und hinlänglich lange angestellter Beobachtungen giebt sich, daß der wirkliche Effect von einer Quadratfläche des Kolbens bei doppeltwirkenden Condensationsmaschinen und einfacher Pressung, wobei jedoch der Dampf 1° R. über die Siedehitze erhitzt ist, nach engl. Maasse und mit 7,5 & mit 200 F. Geschwindigkeit in 1 Min. und mit 8,5 & Kohlenverbrauch auf 1 Stunde beträgt. Der Kohlenverbrauch nimmt bei sehr großen Maschinen gegen sehr kleine um etwa die Hälfte ab. Indem aber ein Pferdekraft Effect von 33000 & gehört, so findet man die für einen Effect erforderliche Fläche des Kolbens $= \frac{K}{200 \times 7,5}$ zu 22 engl. Quadratzolle. Die Höhe des St. ist so, daß der Kolben 3 bis 4 Fufs Spielraum hat.

127 Wird die vielbestrittene Kraft, der von Perkins erdampft, nach diesen Grundsätzen berechnet, so ist die oben gegebene Beschreibung hierzu folgende Elemente.

1. Jahrb. d. Polyt. Inst. I. 118. Ueber die von EDWARDS gefertigten Maschinen findet man eine ausführliche Berechnung bei Traité de Méc. Comp. des M. p. 84. Eine nur noch für die älteren unvollkommeneren Maschinen passende Berechnung des Effectes HEKOR DE VILLEFOSSE in de la Richesse Minerale. III. 66 u. 86. nach beträgt der Druck gegen einen Pariser Kreis Zoll Fläche 7 bis 10, welche Größe daher mit dem Quadrate des Durchmessers des Kolbens multiplicirt die Kraft des Kolbens giebt. Der Kolben durchläuft in 1 Sec. und weil sein Rückgang bei einfachen Maschinen ohne Rücksicht ist, so macht dieses 90 F. in 1 Min. Die Kraft eines Pferdes setzt er zu 175 & in 1 St. 2000 Toisen bewegt. Ist also der Durchmesser des Kolbens $= d$, so ist die Zahl der Pferdekräfte K , die sie ersetzt; $K = \frac{d^2 \times 7,5 \times 90}{35000}$ mit einem Kohlenverbrauch von 8,5 & bei den kleineren, und von 8,5 & bei den größten in 24 St. Bei den doppelt wirkenden bewegt sich der Kolben mit 8½ F. in 1 Sec. welches nahe 200 F. in 1 Min. giebt. Hierbei ist also $K = \frac{d^2 \times 7,5 \times 200}{35000}$ mit einem Verbräuche von 7 & Kohlen auf den Kreis Zoll in 1 St.

Iben hält 2 Z. Durchmesser, und hat somit 3,14 Quadratzolle
 che. Sein Spielraum beträgt 12 Z. oder 1 F. und er macht
 1 Stöße in einer Minute. Nach WATT's Bestimmung einer
 rdekraft ist also der Effect der Maschine bei einem Drucke
 35 Atmosphären gegen den Kolben gleich

$$\frac{35 \times 200 \times 3,14}{33000} = \text{nahe 5 Pferdekraften; nach SMEA-}$$

aber, eine Pferdekraft = 23000 gesetzt, beträgt sie nicht
 5, sondern 8,18 Pferdekraften. Perkins rechnet aber, wie oben angege-
 ist, daß nach Abzug der noch bleibenden Elasticität des
 Dampfes von 30 Atmosphären nach Abzug von 5, welche der
 Dampf nach der Benutzung noch besitzt, derselbe mit 430 &
 auf einen Quadratzoll drücke. Hiernach wäre die Kraft der-

$$\text{en} = \frac{430 \times 3,14 \times 200}{33000} = 8,18 \text{ Pferdekraften nach WATT's}$$

$$\text{Bestimmung, oder} = \frac{430 \times 3,14 \times 200}{23000} = 11,3 \text{ Pferdekraften}$$

h SMEATON's Annahme. Sollten aber 35 — 5 oder 30 At-
 sphären 430 & wirklichen Effect ausüben, so muß der Druck
 Dampfes von einer Atmosphäre 14,33... & gegen einen
 Quadratzoll betragen. Hieraus ergibt sich, daß nach Perkins's
 Rechnung die Reibung und der Dampfverlust gar keinen Ein-
 fluß haben müßten, indem der Druck einer Atmosphäre nicht
 als im Mittel etwa 14,33 & gegen einen engl. Quadratzoll
 beträgt. Der Dampfverlust läßt sich nicht genau schätz-
 en, die Reibung aber wird bei niederem und hohem Drucke
 einmal überwunden, woraus für Maschinen mit hoher Pres-
 sion ein Vortheil erwächst, und so ist es möglich, daß hier-
 zu und sonstige bedingende Umstände nicht gerechnet, die
 Maschine allerdings eine Kraft von 8 bis nahe 10 Pferden ausü-
 ben könnte, wenn anders der Dampferzeuger bei derselben die
 erforderliche Menge Dampf zu liefern vermag, wie PRECHTL
 ohne sehr scheinbare Gründe bestreitet.

Die Bestimmung der zur Verwandlung einer gewissen Quan-
 tität Wassers in Dampf erforderlichen Menge von Brennmaterial
 ist ausnehmend schwierig, und hängt von einer Menge nicht
 bestimmbarer Nebenumstände ab¹. Hier wird es genü-

gen, nur ist Allgemeinen anzugeben, daß nach Caloric Discours ein Gewicht Steinkohlen oder Holzkohlen mit gleiche Gewichte Wasser in Dampf verwandelt; Holt und aber: 4,7. Indem aber ² die Dichtigkeit des Dampfes bei der Siedhitze gegen Wasser $\approx 0,000618$ ist, das Gewicht eines kubischen Wasser aber in genähertem Werthe ≈ 70 Lb genommen werden kann, so liefert 1 Kub. F. Steinkohlen von spec. Gewicht oder nahe 100 Lb derselben 2870 Kub. F. Wasserdampf von der Siedhitze; 1 Kub. F. Holzkohlen von sp. Gew. oder 18 Lb derselben 426,6 Kub. F.; 1 Kub. F. Torf aber vom spec. Gew. 0,665 oder 47,5 Lb 1196 Kub. F. Dampf. Aber läßt sich diese Größe wegen der Unbestimmtheit des spec. Gew. nicht süglich angeben ². Wenn man aber berücksichtigt, wie viele Wärme beim gewöhnlichen Heizen benutzt verloren wird, so ist wahrscheinlich PARTNER auf praktische Beobachtungen gestützte Angabe die richtig, daß 1 Lb Steinkohlen 7 Lb Wasser in Dampf verwandelt; den hiernach die obigen Größen im Verhältnisse von 7:1 genommen, so giebt 1 Kub. F. Steinkohlen 1659 Kub. F. D 1 Kub. F. Holzkohlen 298,6 Kub. F. und 1 Kub. F. Holz gefähr 788 Kub. F. Dampf von der Siedhitze. So fern anzunehmen ist, daß Dampf von doppelter, dreifacher, haupt n facher Spannung auch doppelte, dreifache, n Dichtigkeit habe, die latente Wärme aber in Dampf von Spannung eine constante Größe sey, so werden für von n facher Elasticität die durch gleiche Quantitäten Material erzeugten Mengen $\frac{1}{n}$ mal die angegebenen seyn, also 1 Kub. F. Steinkohlen nur 829,5 Dampf von doppeltem atmosphärischen Drucke erzeugt u. s. w.

Der Verbrauch an Wasser endlich läßt sich aus der bekannten Dichtigkeit des Wasserdampfes bei der erforderlichen Elasticität desselben, aus dem Inhalte des Stiefels und der Kolbenstöße in einer gegebenen Zeit genau berechnen,

¹ S. Dampf, Dichtigkeit.

² Eine ähnliche tabellarische Angabe findet man bei G. Méc. ind. II. 265.

³ a. a. O. p. 83.

keinen unnützen Verlust desselben annimmt, oder hierfür die hinlänglich genäherte Gröfse mit in Rechnung bringt. In-
 dem für das Letztere hier keine Regel aufgestellt werden kann,
 möge blofs das Erstere angenommen werden. Ist hiernach
 der Inhalt des Stiefels nach Abzug des vom Kolben ausgefüllten
 Raumes $= I$, die Dichtigkeit des Wasserdampfes von der ange-
 wendeten Elasticität nach der oben mitgetheilten Tabelle $= \delta$,
 die Zahl der Hebungen des Embolus, seinen Rückgang nicht
 eingerechnet in einer gegebenen Zeit $= n$, so ist der Verbrauch
 an Wasser bei den gebräuchlichern doppelwirkenden (*double*
acting) Maschinen $= 2nI\delta$, bei atmosphärischen Dampf-
 maschinen aber $In\delta$. Nach GUENYVEAU beträgt der Verbrauch
 an Wasser in einer Stunde 42,3 engl. Kub. Z. für einen Qua-
 dratzoll Fläche des Kolbens ², nach HERON DE VILLEFOSSE ³
 aber 48 Kub. Z. für einen Kreiszoll dieser Fläche bei einfach
 wirkenden Maschinen. Es versteht sich indess von selbst, dafs
 die Formeln weit genauere Resultate geben, als diese sehr un-
 stimmten Angaben.

Allgemeine Bemerkungen.

PAPINUS wollte, wie oben erzählt ist, durch entzündetes
 Stiefspulver den Embolus in Bewegung setzen. SAVERY und
 NEWCOMEN dachten an die Benutzung dieses und ähnlicher ex-
 plosivender Mischungen, ohne jedoch der unüberwindlichen
 Schwierigkeiten halber diese Pläne auszuführen. Vor kurzem
 hat CECIL einen ähnlichen Vorschlag gethan ⁴. Er will nämlich
 durch den Embolus Wasserstoffgas bringen, dieses mit atmo-
 sphärischer Luft oder Sauerstoffgas mengen, und das entstandene
 Gas verbrennen, um hierdurch zuerst eine Explosion zur
 Hebung und dann ein Vacuum zum Herabsinken des Embolus
 zu erhalten, wodurch ein Wechselspiel des Kolbens wie bei den
 Dampfmaschinen bewirkt werden soll. Auf eine ähnliche Weise
 ist diejenige Maschine eingerichtet seyn, welche ganz kürzlich
 BROWN in Vorschlag gebracht, mit dem Namen: *Atmosphä-*

¹ S. Dampf. Dichtigkeit des Wasserdampfes.

² Borgnis Traité de Méc. Compos. des Mach. p. 83.

³ Richesse minérale III. 67.

⁴ Transact. of the Cambridge. Phil. Soc. 1822. T. I. P. II. N. 3.

rische Maschine (*atmospherical engine*) benannt, und ein Patent darüber erhalten hat ¹. Indefs dürfte nicht bloß die Bereitung der Gasarten, sondern beim Gebrauche von atmosphärischer Luft das rückbleibende Stickgas, oder auch die Knallgas auf alle Fälle verunreinigenden Gasarten ein unüberwindliches Hinderniß entgegensetzen ², und TRENGOLD's ³ Berechnungen beweisen ohnehin, daß diese mechanische Maschine keineswegs mit gleichem Vortheile als der Wasserdampf angewandt werden kann.

NIERCK hat vorgeschlagen, die durch Hitze expandirte Luft statt der Dämpfe als mechanisches bewegendes Mittel anzuwenden und eine hiernach construirte Maschine *Pyreolophore* genannt ⁴. Indefs hat NAVIER ⁵ gezeigt, daß dieses keineswegs mit gleichem Vortheile, als die Benutzung der Wasserdämpfe geschehen kann, obgleich wegen geringerer Wärmecapacität der Luft weniger Wärme erfordert wird, um durch die Erhitzung einer gegebenen Menge von Luft die Elasticität derselben zur Erzeugung einer gleichen Kraft zu vermehren, als diese letztere durch Bildung von Wasserdampf hervorzubringen ⁶. Aehnliche Vorschläge haben CAGNIARD-LATOUR, MONTGOLFIER und DARNES gethan ⁷. Auch der Vorschlag, die Ausdehnung der tropfbar flüssigkeiten, namentlich des Alkohols, durch Wärme als bewegendes Mittel statt des Dampfes zu benutzen ⁸, dürfte in dem geringen Umfange der Volumensvermehrung bei Flüssigkeiten und der Schwierigkeit, sie in den Gefäßen genau einzuschließen, der Stärke dieser Ausdehnung ungeachtet ein bedeutendes Hinderniß finden.

¹ Report. of Arts oct. 1824. Nov. darwin in Disgler polyt. I. XV. 129. London J. of Arts and Sciences. 1824. Aug.

² Eine Beschreibung der Maschine des Lextoren nebst Zeichnung findet man in Brewster's Edinb. Journal of Sc. N. II. p. 339. dort wird ein günstiges Urtheil über sie gefällt.

³ Edinb. Ph. J. N. XXIV. 368. Vergl. Ebend. XXIII. 192.

⁴ Mém. de l'Inst. VIII. 146.

⁵ Ann. C. P. XVII. 357.

⁶ Prechtl Jahrb. d. polyt. I. I. 184.

⁷ Ebend. Vergl. Repertory of Arts and Manuf. 1818. Apr.

⁸ Edinburgh Journ. of Science N. V. 101.

Endlich hat man neuerdings gesehen, daß verschiedene arten bei niedriger Temperatur sich in einen sehr engen Raum bis zum trofbar flüssig werden zusammen drücken lassen, dann bei höherer Temperatur sich mit einer großen Gewalt dehnen. DAVY ¹ schlägt vor, solche comprimirte Gasarten mechanisches Mittel statt des Dampfes zu gebrauchen, ohne hierzu geeignete Vorrichtung näher anzugeben. Für die praktische Anwendung dürfte es aber schwer fallen, hierdurch stets und gleichmäfsig wirkendes, und bei dem zur Compression erforderlichen Aufwande von Kraft noch vortheilhaft bewegendes Mittel zu erhalten.

Die Dampfmaschinen sind zwar in England erfunden, am besten verbessert und vorzugsweise dort verbreitet. Indefs den sie doch ziemlich frühe in andern Ländern eingeführt auch verfertigt. Gleich anfangs kam eine *Saverysche* nach Nürnberg, eine *Newcomensche* mit den Verbesserungen von 1712 nach Königsberg in Ungarn ², im nämlichen Jahre ähnliche durch J. E. FISCHER, Baron von ERLACHEN nach Wien, und nach Wien in die Gärten des Fürsten von Schwarzenberg ³. Schon 1788 brachte der Oberbergrath BÜCKLING, welcher wegen vorher nach England reisete, eine große *Watt'sche* Dampfmaschine zu Stande, welche zur Förderung der Grubenwasser bei Hettstädt im Mansfeldschen diente ⁴, und eine zweite die Saline Schönebeck bei Magdeburg. Die erstere wurde 1794 mit einer größeren vertauscht ⁵. Eine große Maschine seit geraumer Zeit bei den Bergwerken in Tarnowitz im Jahre 1806 ⁶.

Am frühesten und zahlreichsten sind die Dampfmaschinen Frankreich gebraucht und verfertigt. Zwar ist die erste bei Paris durch PERRIER zusammengesetzte und von Proben beschriebene ⁷ aus der Watt'schen Fabrik, indafs wurden

¹ Phil. Trans. 1823. II. p. 199.

² S. Leupold Theat. mach. hydr. II. §. 202.

³ Gehler V. 218.

⁴ Lichtenb. Mag. IX. 2. 106.

⁵ Green N. J. I. 144. Beschrieben in Gehler a. a. O. Suppl. B. 1.

⁶ Journ. des Mines. An. XI.

⁷ S. oben *Erfindung d. D. M.*

Die doch schon seit geraumer Zeit in Namur verfertigt, dem Anfange dieses Jahrhunderts hat sich die Zahl auf dem Continente ausnehmend vermehrt, auch werden eigenen Fabriken in Paris², Lyon, Lüttich, Berlin³ in Menge verfertigt, und nicht mehr bloß in Bergwerken, sondern auch bei großen Fabrikanlagen häufig gebraucht. Frankreich beläuft sich ihre Anzahl auf mehr als 3000. Fabrik in Paris verfertigte 1822 allein 86 Stück⁴.

Nach America kam 1760 die erste atmosphärische Maschine, und am Schlusse des vorigen Jahrhunderts kam sie daselbst nicht mehr als *vieux*⁵. Seitdem ist ihre Zahl außerordentlich vermehrt und sie sind daselbst in großer und von vorzüglicher Gute namentlich durch Evans⁶. Im Jahre 1804 kam eine *Watt'sche* Maschine nach Madrid⁷, erst 1811 aber reiste UVILLE aus Peru nach London, um dort für die Bergwerke auf den hohen Cordillieren schwere Dampfmaschinen zu erhalten, lernte die *Trevithick'schen*, brachte eine solche nach Peru, und nahm nach Trevithick selbst nebst mehreren Maschinen mit nach Lima, wo sie dort aufzurichten und neue zu bauen. Letzterem wurde selbst außer andern Vortheilen noch 0,2 von dem Ant. *Lima Compagnie* zugesichert, welches im Maßstab jährlich 100000 Lthl. beträgt⁸. Seitdem sind in Asien, namentlich in Ostindien in Gebrauch, indem

¹ Lichtenb. Mag. II. 4. p. 211.

² Die vom Bürger Dazot verfertigten wurden im Anfang des Jahrhunderts in Deutschland bekannt. 3. Voigt Mag. XI. 2. Beschreibung seiner Maschine ohne Balancier findet sich in *Bull. Sciences. An. V. p. 18.* Daraus bei G. XVI. 356.

³ Eine vollständige Beschreibung der in der *Fremd'schen* zu Berlin verfertigten sehr schönen Maschinen durch Baörm. f. bei G. LXVII, 49.

⁴ Doping Rapport fait à l'Inst. Par. 1823. p. 33. Voigt a. a. O. p. 87.

⁵ Partington a. a. O. p. 46.

⁶ Marestier Memoire sur les bateaux a vapeur des Etats Unis d'Amérique Par. 1825. 4. p. 105.

⁷ Stuart a. a. O. p. 173.

⁸ Geolog. Trans. of Cornwall. L. 222.

die durch MAUDSLAY gebaute Maschine zum Schälen des Reiskorns auf Ceylon mit großem Vortheile anwandte ¹.

Um endlich die Kosten dieser Maschinen ohngefähr zu kennen dient folgende Uebersicht. In der *Cockerillschen* Fabrik zu Lüttich kosten ² ohne Emballage

Maschinen für	2 bis 3	Pferdekräfte	10000	Franks
—	—	4	—	14000
—	—	8	—	20000
—	—	16	—	32500
—	—	20	—	40000
—	—	30	—	50000
—	—	50	—	72000

Watt'schen Maschinen zu Bolton kosten ³

Maschinen für	2	Pferdekräfte	4500	Franks
—	—	4	—	8750
—	—	8	—	13000
—	—	10	—	14500
—	—	12	—	16000
—	—	20	—	22500
—	—	30	—	30000

Freund'schen Maschinen in Berlin kosten

Maschinen für 1 Pferdekraft 2000 Rthlr. Pr. C.

—	—	2	—	3000	—
—	—	4	—	4000	—

von hieran steigen die Preise um 1000 Rthlr. für 2 Pferdekräfte ⁴. M.

¹ Partington. 47.

² Webers Gewerbsfreund 1820. II. 308. Bernoulli a. a. O. p. 250.

³ Bulletin de la Soc. d'Encour. 1822. p. 244.

⁴ G. LXVII. 79. Zur Literatur dienen außer den angeführten Quellen: Royal Encyclopaedia. Lond. 1791. vol. III. Art. Steam-Engines.

Bossut Traité élémentaire d'Hydrodynamique. à Paris 1792. II.

⁵ Poda Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichteten Maschinen. Prag. 1771. 8. Delius Beschreibung der Feuermaschinen.

⁶ Cancrinus Erste Gründe der Berg- und Salzwerkskunde. Th. I.

Bergmaschinenkunst. Frankf. 1777. 8. I. C. Hoffmann Beschreibung

und Abbildung zweier neuen Dampfmaschinen. Leipz. 1803. 4.

Dampfschiff.

Dampfboot; *Bateau à vapeur*; *Steam boat*, *vessel*; nennt man diejenigen Schiffe, welche gegenwärtig in großer Menge auf Flüssen, Seen und sogar auf dem Meere durch eigene Wasserräder getrieben werden, deren regelmäßige Bewegung durch eine *Dampfmaschine* bewerkstelligt wird. In größerer Vollkommenheit sind sie erst im 19ten Jahrhundert gebauet, werden aber gegenwärtig überall unglaublich vermehrt, daß es unmöglich ist, eine ohne Uebersicht ihrer Menge zu geben. Vorzugsweise sind sie in den großen Strömen und an den Küsten von Nordamerika im Gebrauch, so daß 1822 bloß auf dem Mississippi und seinen Nebenströmen 18 Dampfschiffe von 40 bis 443 Tonnen, welche zusammen 7259 Tonnen hielten¹. Nach Manhattan hatten die Americaner vor 16 Jahren noch kein einziges Dampfschiff, und besitzen deren jetzt mehrere Hunderte. Der Theil dieser Angabe ist indeß, wie die Geschichte der Erfindung zeigen wird, nicht ganz richtig. Um alle Inseln Großbritanniens fahren Dampfschiffe und erhalten Communication zwischen dieser Insel und dem Continente, sogar zwischen Europa und America fährt die *Savannah* von 2000 Tonnen in 20 Tagen von den vereinigten Staaten nach England, fast stets durch Hülfe der Maschine, und nach neuesten Nachrichten soll der Versuch gemacht seyn, mit Dampfschiffe nach Ostindien zu segeln. So wie auf den amerikanischen Binnenseen hat man auch auf der europäischen, die an ihren Küsten gelegenen Oerter durch Dampfschiffahrt in Verbindung zu setzen, z. B. beim Bodensee u. a. Dahin gehört z. B. der *Wilhelm Tell* Dampfschiff von 110 Tonnen, welches der nordamerikanische Consul in Genf, Cavach, durch den Schiffsbaumeister J.

¹ *PARRINGTON historical Account of the steam engine*, London 1824. p. 67.

² *Mémoire sur les Bateaux à vapeur des états-unis d'Amerique*, Paris 1824. 4. p. 2. Dieses Werk enthält zugleich einen Band mit größten Folio mit genauen Zeichnungen aller Theile der amerikanischen Dampfschiffe, und beschreibt dieselben vollständig.

aus Bourdeaux erbauen, und mit einer Maschine aus Liverpool versehen liefs, um den Genfersee zu befahren. Es ist unter andern durch die eigenthümliche Art der Schaufeln seiner Treibräder ausgezeichnet, welche auf eine solche Art beweglich sind, dafs sie stets mit ihrer verticalen Ebene ins Wasser eintauchen und sich eben so wieder aus demselben erheben, wodurch das sonst gewöhnliche unangenehme Geräusch vermieden wird, worüber der Erfinder CHURCH ein Privilegium in Frankreich erhalten hat ¹. Grofse Dampfschiffe fahren auf dem Adriatischen Meere. Eins, die *Carolina* geht jeden zweiten Tag von Venedig nach Triest, ein anderes, der *Eridano* fährt zwischen Pavia und Venedig, welcher Weg in 37 Stunden zurückgelegt wird ². Für die Dampfschiffahrt auf der Donau, welche übrigens mit 5 und auch wohl 8 F. Geschwindigkeit fliefst, haben FR. BERNARD ET COMP. und CHEV. DE ST. LEON ET COMP. seit 1818 ein funfzehnjähriges Privilegium erhalten.

Die eigentliche Erfindung der Dampfschiffe ist neueren Ursprungs. Zwar hat ein gewisser Franzose, Namens DUQUET, zwischen 1687 bis 1693 zu Havre verschiedene Versuche gemacht, die Kraft des Windes bei Schiffen durch mechanische Mittel zu verstärken ³, welchen MARESTIER ⁴ daher als den Erfinder der Dampfschiffe anzusehen geneigt ist, allein solche Vorschläge sind ohne Zweifel schon früher an vielen Orten gemacht ⁵, und gehören, eben wie die Ruder, nicht zur Dampfschiffahrt ⁶. Es liegt ausserdem in der Natur der Sache, dafs die Erfindung der Dampfschiffe nicht älter seyn kann, als die der Dampfmaschine selbst, aber wirklich war es auch SAVERY,

¹ Eine Beschreibung der Maschine und des Schiffes liefert Pictet a Bibl. univ. XXIII. 117.

² Partington a. a. O. p. 65.

³ Recueil de Machines approuvées par l'Acad. I. 173.

⁴ Mém. p. 32. Ann. C. P. XXII. 170.

⁵ Stuart a descriptive history of the steam engine, Lond. 1824. p. 41.

⁶ Nach PATRICK MILLER in Edinb. Phil. Journ. N, XXV. p. 82. erzählt ROB. VALTURIUS in seiner Schrift de Re militari, Verona 1472. als auf den Italiänischen Flüssen kleine Kähne durch Schaufelräder, die der Ruder getrieben würden.

welcher 1698, als er mit der Construction seiner Dampfmaschinen beschäftigt war, das Modell eines Schiffes zeigte, welches durch Schaufelräder bewegt werden sollte, diese aber wollte er wieder durch andere in Bewegung setzen, auf welche das durch seine Dampfmaschine geförderte Wasser fallen sollte, so daß also die erste, obwohl unausführbare Idee, die Kraft des Dampfes zur Bewegung der Schiffe zu benutzen, von jenem erfinderischen Genie ausgegangen ist. Nur in entfernter Beziehung mit den jetzigen eigentlichen Dampfschiffen stehen die Vorschläge eines Schotten, um etwa 1730, die Schiffe durch die Reaction des explodirenden Schießpulvers fortzutreiben, welches wegen des geringen Effectes bei großem Aufwande verworfen wurde, desgleichen eines gewissen GENEVOIS aus Bern, welcher 1759 absichtlich nach London kam, und dort seine Pläne vorlegte, die Schiffe vermittelst Wasserräder zu treiben, letztere aber durch Federn in Bewegung zu setzen, und diese durch verschiedene Mittel, wahrscheinlich auch durch die Kraft des Schießpulvers zu spannen ¹.

Der erste eigentliche Erfinder der Dampfschiffe ist wohl ohne Zweifel JONATHAN HULLS, welcher 1736 ein Patent für dieselben erhielt ². Nach seinem Vorschlage sollte die lothrechte Bewegung der Stange des Embolus durch Seile in eine rotirende verwandelt werden, ein sehr unvollkommener Mechanismus, wogegen indess die Admiralität, indem er ihr das Project vorlegte, weniger einzuwenden hatte, als vielmehr gegen die Zerbrechlichkeit der Räder, wovon sie meinte, daß sie unmöglich der Gewalt der Wellen widerstehen könnten. HULLS entgegnete, daß er seine Schiffe nicht in die unruhige See zu bringen gesonnen sey, indem er nicht ahnen konnte, in welcher Ausdehnung sein Vorschlag keine hundert Jahre später ausgeführt werden würde ³. Sein Vorschlag scheint nie ausgeführt zu seyn, eben so wenig als ein ähnlicher von Gar-

¹ Stuart. a. a. O. p. 148.

² Partington a. a. O. p. 54. Annals of Phil. II. 469. A Description and draught of a new-invented machine for carrying vessels or ships out of or into any harbour, port, or river, against wind or tide, or in a calm. By Jonathan Hulls. Lond. 1737.

³ Dupin bei Marestier a. a. O. p. 4.

an, welcher Schiffe durch Schaufelräder, diese durch die Mannschaft, und weil deren Kräfte nicht ausreichen würden, durch eine Dampfmaschine in Bewegung zu setzen beschlug¹. Sonach wäre das Schiff mit einer Dampfmaschine, welches PERRIER 1775 wirklich erbauete, und mittelst der Dampfmaschine auf der Seine bewegte, das erste Dampfschiff, welches aber nur mit der Kraft eines einzigen Pferdes angetrieben wurde, daher zu langsam fuhr, so daß die Sache damals in Vergessenheit kam². Im Jahre 1775 äußerte auch BENJAMIN FRANKLIN in einem Briefe an LEROI die Idee, Schiffe mittelst der Dampfmaschine zu bewegen, welches vielleicht dazu führte, daß diese Aufgabe in America vorzüglich berücksichtigt wurde, denn man hat dort und in Frankreich derselben die meiste Aufmerksamkeit geschenkt. Weniger wurde die Sache in dem letzteren Lande betrieben durch den Abbé DARNAL 1781, als im folgenden Jahre durch den Marquis von LAPORTE, dessen Versuche wahrscheinlich zu einem Resultate geführt hätten; wäre er nicht durch die Revolution gehindert worden, welche ihn vermochte ins Ausland, namentlich nach America, zu reisen. Bei seiner Rückkehr 1796 erfuhr er, daß ein gewisser DESBLANC aus *Trevoux* ein Patent auf solche Schiffe erhalten habe, suchte dieses an, ohne wegen der unruhigen Zeiten Gehör zu finden. In America dagegen erbauete ein gewisser FITCH seit 1786 Böte mit schaufelförmigen Rudern, brachte 1787 eins zu Stande, wobei die Ruder durch eine Dampfmaschine, obgleich sehr langsam bewegt wurden. Hierauf fuhr er auf dem Delaware und es ist ohne Zweifel dieses, was durch RUMSEY erbauete das nämliche, dessen durch BENJAMIN FRANKLIN in seinen Briefen³ Erwähnung geschieht, wenn er erzählt, er habe schon 1788 ein Dampfschiff auf den dortigen Gewässern fahren gesehen. Die Kosten der Erhaltung waren sehr bedeutend gegen den Ertrag wegen der unaufhörlichen Reparaturen, FITCH gab daher die Sache auf, kam 1791 nach Europa, und entwarf mit VAIL, dem americanischen Consul zu

¹ Mém. de la Soc. Roy. de Nancy. 1755. T. III.

² Marestier a. a. O. Vergl. Annales de l'Industrie 1822. Dec. 297.

³ J. de Ph. LXXXI. 438.

gung hervorbrachte, aber auch dieses ge-
und er ging daher nach London, um dort
betreiben. Nicht mehr Glück machte Ma-
schiedene Arten Ruder, namentlich auch
eine Dampfmaschine in Bewegung setzte,
daß das Mißlingen aller dieser Versuche
menheit der Dampfmaschinen berührte.

Am meisten wurde diese Erfindung
winston, welchen viele günstige Umstände
während er selbst vorzüglich viel durch
ausrichtete. Der Staat von Newyork er-
1798 ein Privilegium auf 20 Jahre, wenn es
von der erforderlichen Geschwindigkeit der
de brächte. In Verbindung mit den Mechani-
sevelt und Stevens versuchte er verschied-
nügenden Erfolg. Während seiner Anwesen-
der vereinigten Staaten in Frankreich um
kanntschaft mit Fulton, dessen Versuche
Desplanc fürchtete, aber auf seine Klagen ge-
heit seines erhaltenen Patenten von diesem
er würde nie die Flüsse Frankreichs befal-
schon 1793 dem Lord Stanhope den Plan
schiffe mitgetheilt, lernte später die Versuche
England, und durch Livinston die in Ame-

unter dem Wasser bewegen sollen¹, beschäftigten FULTON eine Zeitlang, er kehrte erst 1806 nach America zurück, wo er eine Dampfmaschine aus der Fabrik von WATT und FULTON hatte senden lassen, erhielt 1807 abermals einen Auf-
trag der ihm gesetzten Frist, und brachte dann das Schiff zu New-York zu Stande, womit er eine Reise nach Albany machte, welches 120 Seemeilen entfernt er in 32 Stunden erreichte, und in 80 Stunden die Rückreise beendigte². Das Schiff hieß *Demont*, und erregte durch seinen rauchenden Mastbaum die Gewalt, womit es gegen Wind und Wellen ankämpfte, die Bewunderung der Anwohner des Flusses.

Unter der Leitung FULTON's, welcher außerdem durch seine *Torpedos*, *Feuerschlangen*, *Höllenmaschinen* bekannt ist, wurden viele Dampfboote erbauet. Eins der merkwürdigsten unter ist die große *Dampffregatte*, welche erst im Sommer 1815, gleich nach dem Tode ihres Erfinders vollendet wurde. Sie besteht aus zwei 66 F. langen Booten mit einem Innenraume von 15 F. in welchem sich das Schaufelrad befindet, wofür die Dampfessel sich in dem einen, die Dampfmaschine selbst im andern Boote befinden. Bei einer zweimaligen Probe betrug ihre Geschwindigkeit, wenn sie mit der Be-
triebung fuhr, fast 6 engl. Meilen (zu 4956 F.) in einer Stunde. Auf dem Hauptverdecke befindet sich der Raum für die Bewaffnung, welche durch eine Brustwehr von massivem Zim-
merholze, 4 F. 10 Z. dick geschützt ist, mit 32 Schießschar-
en und eben so viel Kanonen, um glühende Kugeln zu schie-
ßen, zu deren Erhitzung alles bequem eingerichtet ist. Auch
das obere, zur Aufstellung der Mannschaft bestimmte Verdeck
ist mit einer starken Brustwehr umgeben. Die Fregatte hat
vier starke Masten mit Segeln, zwei Bogspriets und vier Steu-
ruder, eins an jedem Ende der beiden Boote, um auf gleiche
Weise vorwärts und rückwärts bewegt zu werden. Die Dampf-
maschine ist außerdem noch eingerichtet, mehrere Pumpen-

¹ Vergl. Bulletin de la Soc. d'Encourag. cah. 82. Archives des
ouv. 1811. Dec.

² S. außer Marestier noch Buchanan Treatise on propelling ves-
sels by steam. Lond. 1816. p. 7 ff. J. Bristed's Resources of the united
States of America. New-York. 1818.

werke zu treiben, um eine Fluth heißes Wasser auf hieken Schiffe zu spritzen, eine wegen des Widerstandes der Luft ohne Zweifel unausführbare Aufgabe, es sey durch dieses Mittel gegen das ohnehin unwahrscheinliche Entzündet werden geschützt. Solcher Fregatten sollten mehr zur Beschützung der Küsten erbauet werden, es scheint jedoch nicht ausgeführt zu seyn, indem MARETTI eine Fulton 1. genannt, nicht erwähnt ¹.

Es ist in der That merkwürdig, daß die Erfindung der Dampfboote in *England*, ohngeachtet so früher, nämlich schon in den ersten Versuchen, nicht mehr gefördert wurde, als oben erwähnten älteren und minder oder gar nicht zweckmäßigen nicht zu gedenken that nämlich schon 1785 der *MILLER* aus *Dalswinton* Vorschläge zur Erbauung eines Bootes zwischen dessen beiden Theilen ein Schaufelrad zur Bewegung desselben angebracht werden sollte, bestand 1787, ließ, unterstützt durch *SYNGER* und *TAYLOR* solches in kleinem Maßstabe erbauen, mit einer kleinen Dampfmaschine versehen, und fuhr damit 1788 auf *Dalswinton*. Im folgenden Jahre wiederholte er den Versuch mit einem andern Schiffe auf dem *Forth* und *Clyde Canal*, welcher falls glücklich abließ, wurde indess von einem Theile betrogen, so daß ihn diese Probeversuche an 30000 L. steten, legte sich nachher auf Untersuchungen den Ackerbau betreffend, hob aber die noch jetzt vorhandenen Modelle fertig auf ². Ähnliche Versuche soll *CLARKE* 1791 angestellt haben, auch erzählt man von den zu Glasgow, ohne daß jedoch die Sache gegenwärtig noch länglich bekannt ist ³.

Mit Uebergangung der minder zweckmäßigen Vor-

¹ Vieles darüber ist in öffentlichen Blättern bekannt; daraus bei G. LIII. 66. Vergl. Jahrb. d. Polyt. Inst. I. 210.

² Partington a. a. O. p. 58. Ann. of Phil. 1819. Apr. Versügl. der Bericht seines Sohnes in Edinburgh Phil. Journ. N. p. 81.

³ Weld in Bibl. Brit. 1815. Sept. G. LIII. 77. J. d. P. LXX.

⁴ Eine kurze Erwähnung scheint der, wahrscheinlich nicht führte Vorschlag zu verdienen, ein Schiff durch eine Art Pate

Der LORD STANHOPE, welcher 1795 Ruder, den Entenfüßen ähnlich, anzuwenden rieth, und LINNAEUS, nach welchem oben erwähnte Mittel, nämlich Wasser am Vordertheile des Schiffes einzusaugen und am Hintertheile wieder ausfließen zu lassen, angewandt werden sollte¹, verdienen vorzüglich die Erwähnung von BUNTER und DICKINSON erwähnt zu werden, deren Dampfboot um 1801 auf der Themse fuhr, aber mit zu geringer Geschwindigkeit, noch mehr aber SYMINGTON's, welcher unterstützt durch LORD DUNDAS ein eigentliches Dampfboot nach neueren Bauart verfertigte, und im Forth und Clyde Canal fahren ließ. Von ihm oder von MILLER ist die Erfindung, den Stiefel der Dampfmaschine fast horizontal zu legen, um dadurch das Schwungrad entbehrlich zu machen, und auf die Plebeln der Schaufelräder unmittelbar zu wirken². In der That scheint gegen die Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit dieses Schiffes nichts eingewandt zu seyn, allein es durfte nicht allgemein gebraucht werden, weil die Schaufelräder die Ufer des Canals zu sehr beschädigten³, und doch fährt man jetzt überall mit gleichen Dampfschiffen. SYMINGTON brachte außerdem Kupfer am Vordertheile seines Schiffes an, welche das Eis zerhacken, und dadurch einen Weg eröffnen sollten. Erst der häufige Gebrauch der Dampfschiffe in America scheint die Aufmerksamkeit in England mehr auf dieselben gerichtet zu haben, indessen konnten sie so wenig in Aufnahme kommen, daß erst 1812 BELL und THOMSON, die Actionärs eines durch Wood & Co. in Glasgow erbaueten Passagierschiffes, von 40 F. Kiel und 55 F. Baum (*beam*) mit einer Maschine von 3 Pferdekraften zwischen Glasgow und Greenock fahrend kaum ihre Kosten gedeckt fanden⁴. Gegenwärtig ist die Zahl der Dampfschiffe

mit großen, dem Schiffe parallel bewegten Schaufeln fortzutreiben, wovon sich dem Anscheine nach etwas erwarten läßt.

¹ Partington p. 60. erwähnt, daß schon JOHN ALLEN in *Specimen Technographica* 1780 dieses empfohlen habe.

² Buchanan a. a. O. p. 7. Solche Maschinen mit liegendem Stiefel scheinen für die Dampfschiffe vorzüglich brauchbar, wie die oben beschriebene von PERRIER und von PERKINS. Vergl. *Dampfmaschinen*.

³ Partington. p. 59.

⁴ Buchanan a. a. O. Nach Marestier a. a. O. p. 176. wurden zwei

auch in England ungemein groß, und sie werden nach schwundenem Vorurtheile von einer möglichen Gefahr nicht genutzt, wie aus der Menge der Passagiere beurtheilt werden kann. Deren wurden in einem der letzteren Jahre gezählt dem Clyde Canal zwischen Glasgow und Edinburgh 94250 dem Ardrassan Canal zwischen Glasgow und Paisley 51700 auf dem Monkland Canal 18000.

Die meisten Dampfböte dienen gegenwärtig noch Transporte von Reisenden und als Packetböte, weil die Maschine einen großen Raum einnimmt und schwer ist. Sie sind fast durchaus sehr elegant gebaut, haben die Maschinen im mittleren Raume und außerdem vorn und hinten Kabinen eine engere und zu wohlfeileren Plätzen vorn, eine geräumigere und bequem eingerichtete hinten. Zuweilen werden die Kabinen durch Dampf oder durch die warme Luft geheizt, welche der Feuerstelle erhitzt ist. Auf den amerikanischen Dampfschiffen ist das Zimmer der Damen von dem der Herren getrennt, und außerdem hat man gemeinschaftliche Gemächer und Domestikenkammern an der Seite der Maschine, wie denn überhaupt für Bequemlichkeit und selbst für Aufwartung Sorge gesorgt ist ¹. Der Maschinenraum beträgt selten mehr als 10 F. in der Länge und etwas über die Hälfte hiervon in der Breite, welches für eine Maschine von 20 Pferdekraften mit 2 Kessel und einer Ladung Kohlen hinreicht. Auch hierbei ist bei unseren Maschinen der Aufwand verhältnißmäßig größer, man findet es daher vortheilhafter, sie größer zu bauen, welches vorzüglich auf den großen Flüssen America's und auf der See leichter ausführbar ist. Dort giebt es daher Dampfschiffe von 300 bis 400 Tonnen, doch sollen nach Buchanan die 70 F. Kiel und 90 Tonnen die besten seyn.

Um über die verhältnißmäßige Größe der Dimensionen eines Dampfschiffes in Concreto urtheilen zu können, dienen folgende genauen Angaben von BARLOW ² dienen. Das

Schiffe, der Komet und die Elisabeth zugleich erbauet. Gleich folgenden Jahre wurde die Zahl derselben bedeutend vermehrt.

¹ Ausführlich bei Marestier a. a. O. p. 45.

² Edinburgh Philos. Journ. XXIV. 289.

Untersuchung der norwegischen Küsten dienende Königl. Dampf-
 schiff, der Komet, von 237 Tonnen hatte in englischem Fuß-
 mass

Länge des Schiffes	115 F.	0 Z.
Grösste Breite	21 —	0 —
Länge des Dampfkessels	15 —	0 —
Grösste Breite desselben	15 —	0 —
Höhe desselben	8 —	6 —
Wandstärke	0 —	$\frac{3}{8}$ —
Äusserer Durchmesser des Schornsteines	36 —	0 —
Innerer Durchmesser desselben bis 3 F. 3 Z. Höhe	2 —	9 —
Äusserer Durchmesser für 32 F. 9 Z.	1 —	6 —
Stärke des Metalles	0 —	$\frac{1}{16}$ —

Es lassen sich noch verschiedene, bisher überhaupt nicht
 genügend behandelte Untersuchungen, diese wichtigen Ma-
 ssen betreffend, anstellen, namentlich über die geeignetste
 zur Ueberwindung des Widerstandes, über die Höhe der
 Räder, Zahl und Flächeninhalt der Schaufeln, Lage der Räder
 zur Erhaltung des grössten Effectes, Bauart des Schiffes im
 Hinblick auf die Vermeidung des Umschlagens und eines zu grossen
 Widerstandes der Wellen gegen dasselbe, nebst vielem anderen. Fol-
 gende ist theils leicht zu übersehen, theils die Hauptsache zu-
 betreffend. Man darf annehmen, dass der Widerstand,
 den das Schiff in stillem Wasser erleidet, dem Quadrate
 der Geschwindigkeit nahe proportional ist. Wird also die zu-
 erforderliche Kraft a genannt, so
 für eine andere $= v$ leicht zu finden, nämlich $a \frac{v^2}{u^2}$.

Nach steigt indess die, zur Bewegung des Schiffes erforder-
 liche in Pferdekraften ausgedrückte Wirksamkeit der Maschine
 und würde, wenn sie für eine Geschwindigkeit von 7
 Meilen in einer Stunde 12 Pferdekraften bedürfte, für 10
 schon 35 erfordern. Es verdient dieses vorzüglich be-
 achtet zu werden bei stromaufwärtsgehenden Fahrten und
 Fahren, indem bei jenen die Geschwindigkeit des fließenden
 Wassers zugleich mit überwunden werden muss, bei diesen aber
 der starke Kohlenverbrauch nicht leicht wieder ersetzt werden
 kann, welcher bei Dampfmaschinen auf Schiffen ohnehin un-
 gemein grösser ist, als bei feststehenden auf dem Lande, theils

wegen des unvollkommenen Baues des Schornsteines, hiervon abhängenden geringeren Luftzuges, theils wegen kleineren Raumes und der minderen Verwahrung gegen die Vertheilung beim Siedekessel.

Ist ferner die Geschwindigkeit der Schaufeln $= v$, so ist die Geschwindigkeit, womit die Schaufeln das Wasser treffen $= V - v$; der Widerstand also $= (V - v)^2$. Weil aber das gestossene Wasser mit einer Geschwindigkeit $= (V - v)$ nachgiebt, so erhält man für die effective Kraft die Proportion $V - v : v = (V - v)^2 : v (V - v)$. Da dieser Gewalt ein Größtes, wenn $2V = 3v$, oder die Geschwindigkeit des Centrums des Widerstandes der Schaufeln $\frac{2}{3}$ mal die Geschwindigkeit des Bootes erreicht. Taylor findet ferner durch Berechnung, daß der Halbmesser eines Rades mit acht Schaufeln $= 5,12$ F. seyn muß; für mehr Schaufeln ist ein größerer Halbmesser erforderlich, damit das Boot nicht zu nahe kommen; größere Räder aber haben wegen ihrer Schwere, wegen der Gewalt, welche Wind und Wellen dagegen ausüben und aus andern Gründen manches Nachtheil.

Bewegt sich das Schiff in fließendem Wasser, so ist der Widerstand $= a$ bei einer Geschwindigkeit $= u$; die Geschwindigkeit des Schiffes $= v$ des Stromes $= c$,

so man für die Fahrt stromabwärts $u^2 : (v - c)^2 = a : \frac{a}{u^2}$

stromaufwärts aber $u^2 : (v + c)^2 = a : \frac{a (v + c)^2}{u^2}$. Da

der Effect also allgemein $\frac{a (v + c)^2}{u^2}$. Im ersten

ist ferner die Geschwindigkeit, womit die Schaufeln das Wasser stoßen $= V + c - v$ im letzteren $= V - c - v$

die Kraft des Widerstandes ist daher allgemein $= (V + c - v)^2$

Es ist aber $V + c - v : v = (V + c - v)^2 : v (V + c - v)$

Der Effect in einer gegebenen Zeit ist aber ein Maximum

$V = \frac{8v}{2} + c$ oder wenn $V = 1,6v + c$ ist, wonach $v = \frac{2}{3}V - \frac{2}{3}c$

wird. Setzt man hierin $c = 0$, so erhält man die oben

1 Edinb. Phil. Journ. XIII. 250.

ie Formel. Heißt endlich P die Kraft der Dampfmaschine,

ist $P = \frac{a v (v + c)^2}{u^2}$; und wenn das Verhältniß der Ge-

windigkeit des Stromes zu der des Schiffes $= 1 : n$ ist,

aus $c = n v$ wird, so ist $P = \frac{a v^3 (1 + n)^2}{u^2}$, und

$= \left(\frac{P u^2}{a (1 + n)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$. TRENGOLD berechnet hiernach folgende

zugehörige Geschwindigkeiten

Mit dem Strome.		Gegen den Strom.	
Wass. Gesch.	Bot. Gesch.	Wass. Gesch.	Bot. Gesch.
Meil. in 1 St.	Meil. in 1 St.	Meil. in 1 St.	Meil. in 1 St.
4	8	1,08	4,34
2,2	6,6	1,38	4,16
1,53	6,12	1,92	3,85
0,00	5,00	2,38	3,58
		3,17	3,17

Man hat auch vorgeschlagen, das Dampfschiff vom Transport-
 zeug zu trennen, um den Reisenden auf letzterem mehr Be-
 qulichkeit ohne die Unannehmlichkeiten des Schaukelns, der
 Hitze und des Lärmens der Maschine zu verschaffen, doch ist
 dies bis jetzt noch nicht in Ausführung gebracht. Ein sinn-
 iger Mechanismus ist außerdem von DICKSON angegeben, die
 Maschine nach Erfordern höher oder niedriger zu stellen, damit
 das Schiff nur bis zu der erforderlichen Tiefe ins Wasser eintaucht.
 Eine Anwendung hiervon macht man auch, indem die
 Maschine zugleich Segel erhalten, und diese bei günstigem Winde
 allein oder zugleich mit der Maschine benutzt werden,
 Kohlen zu sparen.

Die Kosten eines Dampfschiffes von 100 Tonnen, welches
 12 Fuß tief im Wasser geht, werden auf 6000 Lstl. angegeben.

Hauptsache ist zugleich der starke Kohlenverbrauch bei
 kleinen Dampfmaschinen, welche die Schiffe treiben, indem
 eine gewöhnliche Maschine von 33 Pferdekraften ohngefähr nur
 ein Dritteltheil desjenigen erfordert, was für eine solche von 14
 Pferdekraften verwandt werden muß. Mit größerem Vortheile
 können auch hierbei die Maschinen von hohem Drucke ange-
 wendet werden, allein weil eine solche gleich anfangs bei Norwich zer-
 brach.

sprang, so werden sie in England wenig oder gar nicht braucht, obgleich die öffentliche Untersuchung genügend wiesen hat, daß ohne unverzeihliche Nachlässigkeiten Gefahr damit verbunden ist ¹. In America dagegen sind Dampfschiffe, mit Ausnahme von etwa einem oder zweien, mit hohem Drucke haben ². Genauer giebt MARI die Elasticität des Dampfes zu zwei Atmosphären an, oder mehr, wenn man den Druck einer Atmosphäre nahe gleich 1 Kilogr. auf ein Quadratcentimeter rechnet, das Barom. 0^m,75 angenommen, so zeigt das Manometer des Dampfes in der Regel nur 0^m,5, aber der Dampf entweicht nicht in die freie Luft, sondern in einen Condensator. Indefs giebt es solche von acht und zehnfachem atmosphärischem Druck, fangs bediente man sich kleinerer Maschinen, jetzt aber manche auch englische Dampfschiffe zwei Maschinen von 55 Pferdekraften. Neuerdings sind die für die Dampfmaschinen anwendbaren Maschinen in vielen Stücken verbessert BRUNEL in London, vorzüglich durch die einfache Weile, welche er die rotirende Bewegung der Räder ohne Balancier erhält ⁴.

Den Bau der Dampfschiffe in ihren einzelnen Theilen zu beschreiben, würde zu weitläufig und hier nicht zweckmäßig seyn ⁵. Vollständig findet man alles dieses bei MARESTE, welchem nur Folgendes entlehnt werden mag. Die Dampfschiffe sind im Allgemeinen flach, und werden durch Schrauben und den Widerstand des Wassers gegen deren Schaufeln vorwärts getrieben, indem die Kraft der Dampfmaschine diese Räder treibt, deren Durchmesser selten unter 4 Metres beträgt. Diejenigen Schiffe, welche mehrere Stunden der Strömung entgegen fahren müssen, haben in der Regel nur einen Kiel, u

¹ Partington a. a. O. p. 70.

² Stuart a. a. O. p. 167.

³ a. a. O. p. 48.

⁴ Revue encycl. 1823. Avr. p. 207.

⁵ Eine ziemlich vollständige Beschreibung nebst einer guten Zeichnung findet man bei G. LIII. 70. desgleichen von Dampfbooten nebst geschichtlichen Nachrichten über die Erfindung haupt in Ann. of Phil. XII. 279.

der, diejenigen aber, welche in stillem Wasser fahren, bestehen aus zwei Kielen, zwischen denen sich nur ein Rad befindet; sie sind diese aus vielen Gründen weniger brauchbar und seltsam.

Dampfwagen.

Carriot à vapeur; Steam carriage, Steam cart, locomotive engine, steam horse.

Die Idee, Wagen mittelst der Dampfmaschinen in Bewegung zu setzen, mag wohl nach den Erfindungen und vielen Verbesserungen derselben durch WATT von vielen geäußert seyn. Hierhin gehören die Vorschläge von FLEET um 1755 und ein noch vorhandenes Modell eines Dampfwagens, dessen Räder durch eine Dampfmaschine bewegt werden, nach der Angabe von CUGNOT, welcher ihn 1770 wirklich ausführen ließ¹. Ausführlichere Vorschläge machte erst der Americaner OLIVER EVANS schon 1786 bekannt, auch wurde um 1795 der bekannte Mathematiker ROBISON diesen Gegenstand abermals in Anregung², ohne daß bei der damaligen und auch späteren Einrichtung der Dampfmaschinen an die praktische Ausführung zu denken war. Erst 1802 verfolgten RICHARDSON und TREVITHICK dieses Project ernstlicher, kamen auch auf ihre Maschinen mit hohem Drucke, und bauten daher nebst BLENKINSOP wirklich solche Fuhrwerke. Man hat sie so gebauet, daß die Wagenräder durch den Mechanismus der Dampfmaschinen umgetrieben den Wagen nebst der darauf ruhenden Maschine und einer Last fortbewegen, gewöhnlich aber ist es, daß der Dampfwagen für sich durch die Maschine bewegt, mit seinen gezahnten Rädern in die Getriebe der Eisenbahn eingreift, und durch seine Bewegung andere beladene Wagen hinter sich herzieht. Schon 1804 war ein solcher

¹ Marestier mémoire sur les bateaux à vapeur des États unis d'Amérique. Par. 1824. 4. p. 34. In den 80er Jahren soll in Paris ein Fahrzeug gezeigt seyn, welches durch die Reaction einer auf ihm liegenden Aeolipile eine lieue in einer Stunde zurücklegte. S. J. d. ph. 1824. 438.

² Stuart A descriptive History of the Steam Engine. Lond. 1824. p. 97.

Trevithickscher Wagen bei den Kohlenminen in South. im Gange, zog Wagen mit 10,5 Tonnen beladen, und hiermit 5,5 engl. Meilen in einer Stunde ¹. Die Haupt dabei ist, die Maschine so sehr zu verkleinern, daß ihr Gewicht nicht allzu bedeutend bleibt, weswegen nur Ma mit hohem Drucke dabei angewandt werden können. G sich indess diese Schwierigkeit noch nicht beseitigen lass weil einigemale durch das Springen der Maschine Ungl gerichtet wurde ², so kamen die Dampfwagen wieder in me, und blieben bloß noch als Transportmaschinen de kohlen an einigen Orten in Gebrauch ³. Ob die *Perkin* Dampfmaschinen zu diesem Zwecke sich brauchbar zeig den, muß die Zukunft lehren. Um eine Vorstellung Sache zu erhalten, diene folgende Beschreibung eines b gebrauchten, von *BLENKINSON* verfertigten Wagens ⁴.

Um die einzelnen Theile leichter zu übersehen, is Fig. 159. Zeichnung die eine Hälfte des Wagens in der Mitte durch ten. Ein Haupttheil der Maschine ist der ovale Kessel a eisen b b, welcher aus zwei Hälften gegossen in der M sammengefügt ist. Unter diesem befindet sich der Heerd dem Roste c und dem Aschenraume f nebst dem Schorns alles von Gufseisen, letzterer ohngefähr 9 Fuß über den hervorstehend. Das zur Dampfbildung bestimmte Wass gießt den Heerd, der Dampf verbreitet sich in den leeren des Kessels, dessen Deckel zwei Sicherheitsventile h, zwei in den Dampfkessel herabgehende Stiefel i, i hat Kolbenstangen einen gleicharmigen, durch das Loch α g ten Hebelbalken mit zwei Stangen β , β tragen, und dur

¹ Stuart a. a. O. p. 164.

² Am 7ten Aug. 1816 sprang der Kessel eines solchen Dagens zu Newbottle in Derham, wobei 50 Menschen verunglückte wegen viele solcher Wagen wieder abgeschafft wurden. S. Borgn té de Méc. appliquée aux Arts, Compositions des Mach. p. 123

³ Bemerkungen über die von H. v. Reichenbach angekl Verbesserung der Dampfmaschinen von J. v. Baader. München 18

⁴ Nach Borgnis a. a. O. p. 123. Vergl. Repertory of Artfactures and Agriculture. IV. Bulletin de la Soc. d'Encouragem année. Heron de Villefosse de la Richesse minérale. Par. 1 III. 108.

Bewegung die Kurbelstangen in m umdrehen, welche jede ein n mit dreißig Zähnen, und durch dieses ein anderes Rad o 60 Zähnen umdrehen, auf deren Axe das starke gezahnte p p befestigt ist, dessen Zähne in die gezahnte Eisenbahn greifend den Wagen fortreiben, während die Last desselben auf den 4 nicht gezahnten Rädern q q, q q . . . ruhet. Das Spiel der Kolben wird regulirt durch Hähne mit 4 Oeffnungen¹ s (four-way-cock), welche den Dampf aus dem Kessel entweder in den Stiefel treten, oder durch das Rohr t entweichen lassen. Zur Steuerung der Hähne dienen die Kurbeln u . . . , welche an den Stangen v v befestigt sind. Letztere sitzen mit ihren Enden in den Hebelarmen x, x, deren anderes Ende die Stangen y, y trägt, welche vermittelst aufgeschlitzter Enden aufzapfen an Kurbeln der Räder n, n befestigt sind. Indem diese durch den angegebenen Mechanismus umgetrieben werden, bewegen sich die Enden der Stangen y y hierdurch sowohl nach oben als abwärts, zugleich aber werden sie, wenn sie nach oben und unten bewegt sind, so weit angezogen und zurückgegeben, als erforderlich ist, die Hähne zu drehen, welcher Wechsel bei jedem Umlaufe des Rades Z einmal statt findet. Endlich wird das, aus dem unter und über dem Embotweichenden Dampfe, condensirte Wasser vermittelst einer Röhre aufgefangen und abgeleitet². Die Stiefel stehen, zur Erhaltung ihrer Hitze, im Kessel, und sind oben mit dicken Wärmeleitern bedeckt, auch umgiebt man den Kessel einer Hülle (einer Tonne), welche etwa einen Zoll Zwischenraum zwischen dem Holze und dem Kessel läßt.

Die beschriebene Maschine, zu Middleton bei Leeds gebaut, zieht 30 Wagen mit ohngefähr 70 Ct. Kohlen beladen in der Stunde 1½ lieues weit. Sämmtliche Wagen sind hinter einander an einer Kette befestigt, so daß die Maschine beim Fortgehen erst sich selbst und dann stets einen folgenden Wagen

¹ Vergl. Dampfmaschine; einzelne Theile; Steuerung.

² Nach der Beschreibung in BORGNIUS befindet sich noch ein Hahn in einem Theile des Stiefels, welcher den Dampf unter dem Stiefel abführt. Höchst wahrscheinlich ist aber der Hahn ein doppelt durchbohrter (four-way-cock) welcher den Dampf zugleich unter und über den Stiefel leitet und auch ableitet. Vergl. Dampfmaschine.

Dampfwagen.

in Bewegung setzt, bis sie alle im Gange sind. Nach dem Laden derselben mußte die Maschine umgedreht werden, sie aber hierzu zu schwer ist, so kehrt man ihre Bewegung indem man den Embolus halb in die Höhe steigen, dann niedergehen läßt, wodurch die Bewegung der Kurbel entgegengesetzter Richtung erfolgt. Hierbei schiebt sich der Wagen vor sich her.

Einige Verbesserungen der Dampfwagen sind durch GARRITH angegeben, und ist ihm darauf ein Patent¹, andere Vorschläge, diese bewegenden Maschinen tat und allgemeiner brauchbar zu machen, sind durch F. und W. R. bekannt gemacht², auch hat man nach den Nachrichten neuerdings einige Versuche zu Killingworth stellt, welche befriedigendere Resultate gegeben haben, früheren. Die Maschine nebst den Wagen mit großer Geschwindigkeit, legte 7 bis 8 engl. Meilen in einer Stunde zu.

Die neueste und nicht unwesentlich veränderte Construction der Dampfwagen ist diejenige, welche TIMOTHY TATE und JOHN HILL erfunden, und worauf sie ein Patent genommen haben³. Sie weicht von der mitgetheilten so fern ab, als die Wagen keine gezahnte Räder haben, nicht zum Schleppen anderer Lastwagen bestimmt sind, sondern selbst als Kutschen zum Transporte der Reisenden dienen. Die Maschine darf daher weit weniger kräftig seyn, sondern ist ein Behälter mit Wasser damit verbunden, welcher dicht ist, und aus welchem das erforderliche Wasser zum Füllen des Kessels vermittelst Luftdruckpumpen in denselben gepreßt wird. Wesentlicher aber ist ein Mechanismus, welchen die Maschinerie des Wagens abgestellt werden und dieser beim Bergabgehen bloß seiner eigenen Schwere mit hinlänglichen Sicherungsmitteln, daß dieses ohne

¹ Lond. Journ. of Arts and Sc. Nro. XXVIII. 1.

² Edinb. Phil. Journ. XXIV. 418.

³ Bibl. univ. XXVIII. 159.

⁴ Edinb. Phil. Journal XIII. 349. Genauer Nachrichten über Erfolg der Versuche mit dieser Maschine sind im Augenblick drucks dieses Artikels noch nicht bekannt. Im Allgemeinen ist daß sie sehr gut gelangen seyn sollen.

schiebt, während welcher Zeit indess die Hitze des Dampfes von 250° F. bis auf 600 und selbst 800° F. (von 96,89 R. bis 2,44 und selbst 341,33 R.) steigen kann, um so viel größere Kraft beim nächstfolgenden Bergauffahren zu gewinnen. Die Maschine gehört diesemnach unter die von hohem Drucke, und für einen gewöhnlichen Wagen eine Kraft von 10 Pferden. Es ist sehr sinnreich ist hierbei der unvermeidlichen Erschütterung entgegengebeugt, indem der Kessel in Federn hängt, das Rohr aber, welches den Dampf zum Cylinder führt, einigemal schneckenförmig gewunden, und daher für dieses Bedürfnis genügend elastisch ist.

Uebrigens ist die Construction so einfach, daß die Beschreibung derselben nach ihren wesentlichen Theilen selbst ohne Zeichnung bei gehöriger Kenntniss der Dampfmaschinen verstanden werden kann, und hier einigen Raum finden möge, weil die ganze Einrichtung in dieser Art allerdings eine praktische Anwendung verspricht. Der Dampfkessel mit der Feuerung und dem Schornsteine befindet sich hinter der Hinterräder des Wagens, die zwei Stiefel sind vor und in paralleler Stellung mit denselben lothrecht stehend angebracht. Hierher kommen die Stangen, welche lothrecht herabgehen, und die Hinterräder durch Kurbeln unmittelbar bewegen, gerade wie die Räder, wo sie an den Balancieren befestigt sind, deren Bewegung durch die vertical auf und niedersteigenden Kolbenbewegung bewirkt wird. Für gewöhnliches Fahren in der Ebene und bei mäßigem Ansteigen des Weges werden bloß die Hinterräder umgedreht, welche größer und ungleich mehr belastet sind, als die Vorderräder, für steilere Wege aber wird ein durch die Axe der Hinterräder ungetriebenes gezahntes Rad ein anderes gezahntes gedrückt, welches einen Baum um ein Rad umtreibt, und durch letzteres vermittelt einer Pleine die Vorderräder mit einer ihrer kleineren Peripherie proportionalen größeren Geschwindigkeit. Dieser Mechanismus ist zwar sehr sinnreich und künstlich unter dem Wagen angebracht, scheint mir aber ganz überflüssig, weil man sicher keinen Berg hinanfahen kann, dessen Steilheit nicht durch die Bewegung beider Hinterräder überwunden werden könnte, wie es auch erforderlichen Falls durch eine Berechnung leicht nachzuweisen ließe. Unter dem Wagen ist das Wassergefäß befind-

lich, der Kutschenkasten hängt zwischen den Hinter- und Vorderrädern in Riemen, welche durch Federn straff gezogen sind und ist mit einem über die Vorderräder ragenden Vorbock für die Passagiere versehen. Auf einem vor dem Wagen auf einer festen Säule befestigten Bocke endlich sitzt der Lenker, welcher die der Krümmung des Weges angemessene Drehung der Vorderräder und die Stellung derjenigen Hebel sorgt, vermittelt deren mehr oder weniger Dampf zugeführt und der ganze Mechanismus zum Stillstande gebracht werden kann. Daß übrigens die Maschine Selbststeuerung habe, versteht sich wohl von selbst.

M.

Dasymeter.

Mit diesem Namen (Dichtigkeitsmesser) bezeichnete Dumas ein von ihm angegebenes Instrument, um die veränderte Dichtigkeit der Luft zu messen. Der Name ist vom Griechischen *δυσος* hergeleitet, das eigentlich *dicht besetzt*, *buschig* bedeutet, und also nicht wohl auf die Dichtigkeit eines Fluidums angewandt werden kann; die Sache selbst ist im Grunde ein anderes, als das *Guerike'sche Manometer*, eine Waage an einem Waagebalken als Luftwaage, und soll daher dem vom ersten Erfinder angegebenen Namen *Manometer* betrachtet werden.

H.

Declination. s. Abweichung.

Declinatorium. s. Abweichung.
Magnetnadel, u. Compafs.

Dehnbarkeit.

Streckbarkeit, Zähigkeit, Geschmeidigkeit, Ductilität; *Ductilitas*; *Ductilité*; *Ductilité*. Hiermit bezeichnet man diejenige Eigenschaft verschiedener Körper, vermöge deren sie bei angewandter äußerer Gewalt ihre Form ändern, ohne zu zerreißen. Sie steht nicht so der *Härte* entgegen, indem vielmehr manche harte Körper z. B. Stahl, Kupfer, Platin und andere Metalle allerdings sehr dehnbar sind, als vielmehr der *Sprödigkeit*, indem spröde Körper keine Veränderung ihrer Form annehmen, sondern zerspringen. Nehmen die Körper nach aufwärts

Wirkung der sie ausdehnenden Kraft ihre vorige Gestalt wieder an, so nennt man sie elastisch. *Dehnbarkeit* und *Elasticität* sind hiernach also verschieden, und es giebt Körper, B. kaltes Glas, welche sehr elastisch, aber gar nicht dehnbar sind. Unter den angegebenen Synonymen bezeichnet eigentlich im Sprachgebrauche nach das Wort *Zähigkeit*; *Tenacitas*; *tenacité*; *Tenacity* diese Eigenschaft am bestimtesten und wird auch im gemeinen Leben am meisten gebraucht, in wissenschaftlicher Beziehung aber und rücksichtlich der Anwendung auf Technologie und Maschinenwesen zeigt sich die untersuchende Eigenschaft der Körper vorzüglich dann, wenn dieselben *gedehnt* und *gestreckt* werden, namentlich in unzähligen Fällen des Drahtziehens und bei der Bereitung der Seile, weswegen dieselbe unter dem gewählten Namen am richtigsten betrachtet werden kann.

Die genannte Eigenschaft ist den verschiedenen Körpern unter sehr ungleichen Bedingungen mehr oder minder eigen; überhaupt aber gehört sie unter die sogenannten *relativen Eigenschaften* der Körper, welche der Materie nicht allgemein und absolut zukommen, sondern den verschiedenen Körpern in sehr ungleichem Grade eigen sind, indem diese von den härtesten zu den minder spröden und wenig dehnbaren bis zu den dehnbarsten übergehen. Im Allgemeinen, wiewohl nicht ohne Ausnahme, macht die Wärme weniger spröde, und viele Körper erhalten diese Eigenschaft durch einen Zusatz von Feuchtigkeit. Einige Körper, namentlich Metalle, insbesondere Platin, Gold, Silber, Messing, Kupfer, Zinn, Blei und Eisen sind *unter allen Bedingungen* dehnbar, und besitzen diese Eigenschaft überhaupt in einem sehr hohen Grade, andere sind entweder überhaupt, oder mindestens bei *mittlerer Temperatur* gar nicht dehnbar, als Zink, Wismuth, Arsenik, Glas u. a. manche werden in *etwas erhöhter Temperatur* dehnbar, Schellack, Wachs und Zink, noch andere *in einer Hitze, welche sie fast schmelzen macht*, z. B. Glas, dagegen werden Messing und Zinn in *einer ihren Schmelzpunkten nahen Hitze* spröde und brüchig. Gummi, Eiweiß, thierischer Leim, viele Pflanzenstoffe, so wie auch die Thonerde werden *durch Feuchtigkeit* dehnbar, und lassen sich oft zu den allerfeinsten, zum Austrocknen erhärtenden Fäden ausspinnen. Im Allge-

meinen endlich sind die *reinen* Körper dehnbarer als *Mischungen*; jedoch zeigt sich auch hierbei zuweilen eine würdige Abweichung von dem, was man billig vermuthete. So giebt das dehnbare Kupfer mit dehnbarem sprödes Metall, die sogenannte Olockenspeise und das Spiegelmessing, je nach dem quantitativen Verhältnisse Bestandtheile, mit dem um sich spröden Zink aber das dehnbare Messing. Merkwürdig ist in dieser Hinsicht das Verhalten des *Eisens*. Im reinen Zustande ist es als sogenanntes *weichs Schmiedeeisen* sehr zähe und dehnbar, mit etwas Kohlenstoff als *Stahl* zwar härter, ist noch höchst zähe und dehnbar, wenn es nicht durch spröde geworden ist, mit mehr Kohlenstoff vertheilt. *Roheisen* oder *Gusseisen* ist dasselbe in niedrigerer Temperatur, mehr jedoch in der ersteren, spröde nach dem Mischungsverhältnisse der Bestandtheile, oder geringeren Grade, wird durch einen Zusatz von Phosphor in niedriger Temperatur spröde und brüchig (*kaltbrüchig*) durch einen geringen Zusatz von Schwefel aber im kalten Zustande zwar minder streckbar, in der Rothglühhitze spröde, so daß es sich nur schwer oder gar nicht verformt, und unter dem Namen des *rothbrüchigen* nicht sonderlich geachtet ist¹, der übrigen vielfachen Mischungen dieses Metalls und der durch die zugesetzten Bestandtheile veränderten Eigenschaften desselben nicht zu gedenken. Indem dies gemeinere aber als bekannt vorausgesetzt werden kann wird es am zweckmäßigsten seyn, die genannte Eigenschaft der Körper an einigen vorzüglich interessanten Beispielen zu erläutern.

Insbesondere hat das *Gold* wegen seiner ausgezeichneten Dehnbarkeit, wenn es unter dem Hammer der Goldschmiede und zwischen stählernen Walzen zu dünnen Platten ausgewalzt wird, welche zum Vergolden dienen, so wie wegen

¹ Vergl. Prechtl Grundlehren der Chemie in technischer Anwendung. Wien 1815. II vol. 8. II. 120.

² Man schlug schon in Rom das Gold zu den dünnsten Platten. Plin. H. N. XXXIII. 3. welche Lucrez IV. 730. mit einem Spinnweb und Martial VIII. 88. mit einem Nebel vergleicht.

streckbarkeit, wenn man dasselbe im Zieheisen der Drahtzieher in dem feinsten Drahte streckt, von jeher die Aufmerksamkeit und Bewunderung der Naturforscher erregt. MERSENNE, ROCHAULT, HALLEY ¹ u. a. haben hierüber Berechnungen angestellt, indem sie sich auf diejenigen Thatsachen beschränkten, welche aus den Angaben der Künstler hervorgingen. Genauere Versuche hierüber stellte indeß RÉAUMÜR an ². Er fand, daß bei gewöhnlichem Blattgold 1 Gran dieses Metalles zu 36,5 Quadratzollen ausgedehnt, und eine einzige Unze, welche als Würfel keinen halben Zoll Seite (genauer 5,1964 Par. Lin.) hat, auf diese Weise in eine Fläche von 146,5 Quad. F. ausgetrieben wird.

Bei weitem stärker zeigt sich die Ductilität des Goldes bei der Verfertigung derjenigen Drähte, welche zu den Lyoner Messen verwandt werden. Diese, wie aller gemeiner sogenannte *Golddraht* bestehen aus Silberdrahte mit einem Ueberzuge von Gold. Man nimmt hierzu eine Stange Silber 15 Lin. Durchmesser und 22 Z. lang, 45 Mark an Gewicht betragend, und überzieht sie mit einer Unze Gold, zieht sie dann auf die bekannte Weise mittelst des Drahtzieheisens zu stets dünnerem Drahte, welcher überall mit einem dünnen Ueberzuge an Gold bedeckt ist. Durch genaue Abwägungen und Messungen fand RÉAUMÜR, daß eine Unze des Drahtes 3232 F. lang war, und somit die Länge des Ganzen 1163520 Par. F. betrug. Solcher Draht wird dann um Seide gesponnen, und wegen vorher zwischen zwei polirten Stahlwalzen platt gedrückt, wodurch seine Länge um $\frac{1}{7}$ tel wächst, somit also 129797 Par. F. oder nahe 60 geogr. Meil. beträgt. Ein solcher Faden hat die Breite von $\frac{1}{8}$ Lin. und eine Dicke von $\frac{1}{72}$ stel Lin., wonach die Unze Gold zu einer Fläche von 2308 Quadratfuß ausgedehnt ist, wenn man beide Flächen des platinierten Drahtes rechnet. Indem aber die Fläche einer Unze Goldes als Würfel von 5,1964 Lin. Seite nach der oben stehenden Angabe nur 27 Quadratlinien oder 0,0013022 Quadratfuß beträgt, war sie in der Fläche des Drahtes 1772890 mal enthalten,

¹ Phil. Trans. IV. 194. XVI. 540.

² Mém. de l'Acad. 1713. 199.

Neuerdings hat man die ausnehmende Dehnbarkeit des **Platins** durch WOLLASTON an dem durch ihn verfertigten nach ihm benannten *Wollaston'schen Platindraht* bekannt gemacht. Er nahm zur Verfertigung desselben eine cylindrische Form von $\frac{1}{2}$ Z. Weite, befestigte in ihrer Axe einen Hohlzylinder von 0,01 Z. Dicke, und goß die Form mit Silber aus. Der erhaltene Silberdraht wurde mittelst des Drahtziehs zu $\frac{1}{30}$ Zoll Feinheit gezogen, wonach der Platindraht noch mehr als 0,001 Z. Dicke haben konnte. Durch fortwährendes Ziehen des Silberdrahtes wurde die Dicke des darin befindlichen Platindrahtes fortwährend gleichfalls bis $\frac{1}{4000}$ Zoll vermindert, und dieses läßt sich noch über die angegebenen Grenzen hinaus fortsetzen. Indessen vermag das Platin dieses Verfahren bei weitem nicht bis zu der Grenze aus, wie das Gold nach den oben angegebenen Verhältnissen, denn als WOLLASTON Draht bis zur Feinheit von $\frac{1}{30}$ Zoll auszog, fand er ihn nicht mehr überall zusammenhängend, sondern stellenweise unterbrochen, auf welche Mangel man bei dem sehr feinen Drahte dieser Art stets gefaßt sein muß. Gewöhnlich verfertigt man solchen Platindraht nur bis zur Feinheit von $\frac{1}{3000}$ Zoll, und weil er so dünn nur schwer sichtbar und für sich kaum zu halten ist, so verfertigt man das zum Gebrauche bestimmte, noch mit Silber überzogen.

das Silber verzehrt ist, und der Platindraht für sich zurück gibt ¹.

Obgleich indess solcher Platindraht seit jener ersten Erfindung von vielen Künstlern verfertigt wird, so bleibt das Verfahren doch in gewisser Hinsicht stets etwas unsicher. Einen Silberdraht genau in der Axe und ohne Wellen zu durchbohren, ist schwierig; den Platindraht in der Axe einer cylindrischen Hülse zu befestigen, so daß er auch beim Umgießen des Silbers unverrückt darin bleibt, ist nur mit großer Mühe oder überhaupt unmöglich zu bewerkstelligen. Ausserdem darf man keinen zu dicken Platindraht nehmen, weil man sonst von seiner Festigkeit nicht überzeugt ist und er Fehlstellen haben kann, an denen er leicht zerbricht, die Dicke des feineren ist aber an sich mit völliger Genauigkeit schwer zu bestimmen, überhaupt aber kann man bei diesem Verfahren nie gewiß wissen, an wie vielen Stellen der Platindraht gerissen ist, und der Silberdraht daher ohne ihn während seiner Feinheit gezogen wird. Ob hierbei ein wiederholtes Glühen den Platindraht geschmeidiger machen und die Dehnbarkeit desselben vergrößern werde, kann ich aus Mangel an Erfahrung nicht angeben. Inzwischen ist der Draht, wenn seine Feinheit nicht bis über $\frac{1}{6000}$ eines Zolles hinausgeht, mit Ausnahme sehr weniger Stellen, in der Regel unversehrt, und wenn gleich unterbrochenen, doch immer in einzelnen Stücken vorhandenen Enden des bis zu weit größerer Feinheit, selbst bis zu $\frac{1}{30000}$ eines Zolles gezogenen Platindrahtes besitzen auf allen Fall die ungemein große Dehnbarkeit dieses Metalles ². Diese geht indess auch aus dem feinen Ueberzuge

¹ PRONY bei G. LII. 532. will den englischen auf diese Weise verfertigten Platindraht bedeutend dicker gefunden haben, als hier angegeben wird. Indem aber die Verfertigungsart nicht füglich einen so großen Fehler zuläßt, die Messung aber einen so höchst feinen, für das kaum sichtbaren und schwer zu handhabenden Draht leicht feiner dicker zeigt, so ist zu vermuthen, daß PRONY denselben von seinem Fehler gar nicht, oder nur unvollkommen befreiet hat.

² ALTMÜTTER bei G. LVIII. 436. findet Wollaston's Abhandlung den Praktiker auch in Rücksicht auf die Berechnung geradezu lässlich, ohne die Gründe dieses Urtheils anzugeben. Gegen die Rechnung läßt sich wohl nicht füglich etwas einwenden, wenn andere die angegebenen Größen genau gemessen sind. Vergl. Gilbert Ann. LIV.

hervor, womit manche französische Tassen und sonstige zellan - Gefäße überzogen sind, indem hierbei das Plat gleicher Feinheit, als das Gold bei den Vergoldungen angewandt wird, ohne indeß im eigentlichsten Sinne ausgedehnt oder gestreckt zu seyn, insofern man den dünnen, jedoch zusammenhängenden und metallisch glänzenden Ueberzug aus einer Lösung des Metalles bereitet.

Die Dehnbarkeit des *Silbers, Kupfers, Zinns*, ¹ erzielt man aus der Feinheit der dünnen Blättchen, woraus selbst im Blattsilber oder Silberschaum, dem unächten Schaum, dem Blattzinn oder Stanniol und Rollblei verfertigt werden. Auch der ausnehmend feine Silberdraht, woraus die Kreuze in Fernrohre gemacht werden, die feinsten singenen und stählernen Clavierseiten zeugen für die Dehnbarkeit dieser Metalle. Eins der merkwürdigsten Metalle ist indeß das *Zink*. Obgleich bei einer Temperatur der Siedehitze des Wassers so spröde, daß es unter Hammer zerspringt und sich pulvern läßt, wird es nach HOBSON und CH. SYLVESTER ² zwischen 100° bis 150° dehnbar, daß man es bis zu den feinsten Blechen, wie feinstes Postpapier, walzt, und was noch merkwürdiger ist, so es gewalzt behält es einen hohen Grad der Elasticität und Sanftigkeit auch bei niedrigen Temperaturen bei. Wird indeß gossenes Zink bis 205° C. erhitzt, so ist es noch spröde bei einer Wärme unter dem Siedepuncte, indem man es da einem Mörser zu Pulver zerstoßen kann. Eben so auffallend ist es, daß ALTMÜTTER dieses Metall, welches auf dem Bruch ein so auffallend krystallinisches Gefüge zeigt, zu sehr feinem Drahte zu ziehen vermochte, und dieses Einziehen sogar erneuertes Anlassen und erhöhte Temperatur bewerkstelligte. Die Feinheit der erhaltenen Probe giebt, GILBERT ohne scharfe Messung zu $\frac{1}{40}$ stel Zoll an ³.

22. Unendlich und zweckmäßig ist indeß das von ALTMÜTTER geübte Verfahren, den Platindraht fortwährend mit neuen Lagen von Goldblech zu umgeben, und vermittelst dessen das Feinerziehen des Platins zu machen.

¹ Nicholson's J. XL. 304. Gehlen N. J. VI. 723.

² G. LVIII. 496.

³ Ebend.

Die Dehnbarkeit des Glases, welche vielleicht nicht hinter die des Goldes und Platin's zurückbliebe, wenn dieser Körper die gleiche Cohäsion hätte, als jene Metalle, und die feinsten Fäden desselben sich ohne zu zerreißen noch ferner dehnen ließen, ist um so viel merkwürdiger, je spröder dieser Körper in hohen Temperaturen unter der Rothglühhitze ist. Dafs die geschmolzene und noch glühende Glasmasse als eine zähe Substanz annehmbar sey und alle möglichen Formen annehme, ist bekannt, wie die vielfachen physikalischen und chemischen Apparate, welche in den mannigfaltigsten Formen theils auf den Glashütten, theils mittelst der Blaslampe hieraus verfertigt werden. Unter die wunderbarsten Stücke dieser Art gehören besonders die sogenannten *Glasfäden*, welche man an der Lampe in höchster Feinheit zu spinnen vermag. Man nimmt hierzu beliebige Stücke von Glasröhren, am besten schmale Streifen Jätaglas, kann indess auch sogenanntes weisses Beinglas, oder auch gefärbte Glassorten, als mit Goldpurpur gefärbtes rothes oder mit Kupfer gefärbtes dunkelgrünes, oder mit Schmalte gefärbtes dunkelblaues und andere Arten nehmen, in welchem man zwar hell aber kenntlich gefärbte, angenehm glänzende Glasfäden erhält. So giebt das dunkelrothe Glas lichtrothe, das dunkelgrüne hell bläulich grüne, das dunkelblaue sehr blaue und dunkelbraunes hell goldgelbe Fäden; das weisse giebt weisse, mit Perlmutterfarbe glänzende Fäden. Die Fäden pflegte man früher von der Dicke etwa eines Menschenhaares zu spinnen, und in der Länge von 5 bis 7 Zoll in Bündeln von der Dicke eines Fingers zu einem federartigen, allerley schönen, Schmucke für die Hüte der Kinder und Damen zu vereinigen. Weil aber diese Fäden zum Theil unter Umständen zerbrechen, und kleine Spitzen herabfallen lassen, welche für die Augen höchst gefährlich sind, so hat man sie unlängst abgeschafft, und gebraucht sie nur noch auf den Theatern. Weit früher waren die Perrücken, welche man aus den weissen Fäden verfertigte, indem man sie in kleine Bündelchen band, die zu Locken umbog und zu einer solchen Kopfbedeckung einigte, welche in so fern grofse Bequemlichkeit darbot, als keiner Veränderung der Kräuse und der Farbe unterlag, wogegen sie aber nicht wenig kostbar seyn mußte. Gegenwärtig betrachtet man einzelne Locken dieser Art noch als Rarität in den

Cabinetten oder in Trodelboutiken. Réaumur¹ von der Biegsamkeit solcher Fäden nähme mit ihrer Feinheit würde zuletzt eben so groß seyn als die der Seide, so daß Zeuge daraus zu weben vermögend seyn musse, wenn von gleicher Feinheit als Spinnefäden oder einfache Coccons zu bereiten im Stande wäre. Dafs sie sich indess bei Feinheit zu Geweben nicht eignen würden, folgt daraus, sie bei weitem die hierzu erforderliche Stärke nicht habend, die Cohäsion des Glases die der Seide oder Spinneseide keineswegs erreicht. Von dem geübten Glasbläser Herr aus Freiburg im Breisgau habe ich nämlich einige solche Gespinnte von ausgesuchter Feinheit erhalten, wovon die besten Fäden wie die Spinneseiden durch den blofsen Luftwegt werden, auch geht die Dicke derselben nach mikroskopischen Untersuchungen nicht über die eines gewöhnlichen aus dem Gespinnte einer grossen Kreuzspinne hinaus, ungleich weniger haltbar. Bei ebendenselben habe ich eine Mutze aus Glasfäden gesehen, welche aus einzelnen Fäden derselben geflochten war, sich vollkommen biegt, von weichem Zeuge verfertigt, zeigte, mit Seifenwasser stet und gewaschen werden konnte, und wegen grosser Zartheit der einzelnen Fäden den Augen keine Gefahr darbot, indem sie zu fein und biegsam waren, um zerknickt zu werden oder als kurze Enden zu stehen.

Die Art der Verfertigung ist eben so leicht als einfach, bald man sich im Besitze einer guten Blaslampe befindet, dem Blästische selbst, oder neben demselben feststehend, oder sich eine Trommel, deren äufserer Rand von Holz oder Pappe seyn kann, aber so eingerichtet seyn mufs, dafs sie zusammenlegen, und das darauf ausgespannte Gespinnt frei herabnehmen läfst, um nicht zu zerreißen. An der dieser leichten Trommel befindet sich ein Getriebe, worin ein gezahntes Rad eingreift, und die nicht mehr als etwa 15 Z. im Durchmesser haltende Trommel in größter Geschwindigkeit umtreibt, denn je schneller dieses geschieht, um so feiner werden die Fäden. Gut ist es bei der Unmöglichkeit

Umläufe der Trommel zu zählen, wenn man noch ausserdem einen Mechanismus anbringt, welcher bei hundert Umdrehungen gegen eine Glocke schlägt, oder auf eine andere Weise die Zahl der Umdrehungen mechanisch zählt. Auf der Trommel ist ein Zwirnsfaden von etwa zwei Fufs Länge befestigt, mit einem angebundenen kleinen Glasstückchen. Man hält alsdann aus zu Fäden auszuspinnende Glasstückchen in die Flamme der Gaslampe, schmelzt an das erweichte Ende das Glasknöpfchen am Zwirnsfaden, und indem man demnächst die Trommel schnell laufen läfst, spinnt man das Glas in grösster Feinheit, etwa in 30 Secunden 1000 Umgebungen der Trommel, wozu indess allerdings grosse Uebung und Fertigkeit gehört. Es hat mir zuweilen geschienen, als ob die Fäden stellenweise gespalten oder doppelt wären, jedoch mufs ich dieses als ungewifs dahin gestellt seyn lassen.

Man will früher gefunden haben, dafs die auf ähnliche Weise gesponnenen Glasfäden nicht völlig rund seyen, sondern dafs ihr Durchschnitt ein abgeplattetes Oval bilde, dessen längere Axe die kürzere 3 bis 4mal übertreffe¹. Nach den wenigen mit sehr feinen Fäden von mir angestellten mikroskopischen Untersuchungen mufs ich diese Behauptung in Zweifel ziehen, welche sich vermuthlich auf eine einzelne oder wenige, mit einem zufällig so gestalteten Glasfaden angestellte, Beobachtung bezieht. Ausserdem steht dieselbe im Widerspruche mit demjenigen, was neuerdings DEUCHAR² gefunden haben will. Dieser hat nämlich solche Fäden untersucht, ihre Feinheit außerordentlich gefunden, so dafs ihr Durchmesser kaum 0,3 des Durchmessers eines Menschenhaares von mittlerer Dicke ausmacht, zugleich aber will er beobachtet haben, dafs sie allezeit die Form des Glases beibehielten, aus welchem sie gesponnen wurden. War dasselbe demnach eine Röhre, so soll auch der Glasfaden eine Röhre, wenn auch eine noch so enge seyn, wovon er sich überzeugte, als er solche Glasfäden unter Wasser setzte und exantlirte³; und auf gleiche Weise soll aus einem Par-

¹ Brisson Dict. rais. de Phys. art. Ductilité. Ihm folgt Gehler 171.

² Ann. of Phil. 1822. Nov. 358.

³ Es scheint mir nach meinen Erfahrungen unmöglich, solche feinen Fäden zu erhalten.
I. Bd. K k

allelepipeden, einem dreiseitigen Prisma oder einer auf sehr feiner Weise mit Hervorragungen geformten Stange, wie die Stahlstäbe sind, woraus die Getriebe in den Uhren verfertigt werden, auch Glasfäden hervorgehen, welcher auch bei größter Feinheit die Form völlig beibehält; endlich sollen auch selbst die Fäden, wenn deren verschiedene vereinigt gesponnen werden, in den feinsten Glasfäden noch einzeln sichtbar seyn. Es läßt sich für diese Behauptung allerdings anführen, daß man auf gleiche Weise flache Glasröhren mit einem gleichfalls flachen inneren Raume verfertigt, indem man eine runde Glasmasse mit einer runden Höhlung auf einem Ambos platt klopft und dann die Röhren auszieht; auch behalten sehr fein ausgezogene Glasröhren in der Regel ihre, wenn auch sehr enge, Höhlung bei. Auf der andern Seite aber ist Letzteres nicht allseitig der Fall, indem oftmals, insbesondere bei stärkerer Hitze, die Höhlung zugespitzt und verschmolzen wird, welches schon gegen DRUCKMAN zeugt, und außerdem scheint es fast unmöglich, daß aus einer geschmolzenen Glasmasse, woraus die Fäden gesponnen werden, letztere in der ursprünglichen Gestalt des angewandten Glasstückchens hervorgehen sollten, da nach beendigter Operation das Ende des gebrauchten Stückes zu einem in eine Spitze auslaufenden Kopf zusammen geschmolzen erscheint.

Ein interessantes Beispiel der Dehnbarkeit des Glases zeigt sich, wenn man eine nicht zu enge Glasröhre an einem Ende zuschmelzt, vermittelst der Blaslampe zu einer mäßigen Kugel aufbläht, diese abermals hinlänglich glühend macht, und so stark aufbläht, daß sie platzt, wodurch einzelne Theile derselben so dünn werden, daß sie das bekannte Farbenspiel dünner Blättchen zeigen, und wie eine Pflaumfeder durch den Luftdruck in die Höhe gehoben werden.

Unter den weichen, durch ihre Dehnbarkeit ausgezeichneten Stoffen ist das Gewebe der Spinne merkwürdig, und erhält seine große Biegsamkeit höchst wahrscheinlich gleichfalls durch seine außerordentliche Feinheit. Die Masse, woraus der *Spinnefaden* gesponnen wird, ist ein klebriger Saft, welcher

ne, mit Luft erfüllte, Röhrchen zu erhalten, als ich die Glasfäden kenne.

fünf Warzen am Hintertheile der Spinnen enthalten ist, und einem feinen Faden ausgezogen an der Luft erhärtet, ohne die Dehnbarkeit gänzlich zu verlieren, denn ein solcher läßt mit gehöriger Vorsicht fast bis zur doppelten Länge ausdehnen, und zieht sich bei nachlassender Spannung völlig wieder zu seiner vorigen Länge zusammen¹, verliert indess mit der Zeit, wahrscheinlich wegen allmäliger Austrocknung, diese ausgezeichnete Dehnbarkeit und Elasticität. Die Feinheit dieser Fäden geht indess ganz ins Unglaubliche. Der klebrige Saft, welcher aus den genannten fünf Warzen, und vereinigt zu einem einzigen Faden, welcher sich mit Vorsicht wieder in fünf einzelnen Stränge theilen läßt, wenigstens wenn man hierzu einen von einer großen Spinne erhaltenen nimmt. Jeder Warze will man aber gegen 1000 feine Oeffnungen durch Vergrößerungsgläser entdeckt haben, aus welchen der Saft quillt, und diesernach müßte ein einziger Faden aus 5000 einzelnen Fädchen bestehen, wovon sich indess der Beweis aus nicht begreiflichen Gründen nicht mit völliger Schärfe führen läßt. Bei kleinen Spinnen, welche die feinsten Fäden liefern, sind die Warzen noch mit bloßen Augen nicht sichtbar, woraus die unglaubliche Feinheit der einzelnen Theile solcher Fäden selbst hervorgeht.

Dafs auch verschiedene vegetabilische Körper sich in ungleichen Graden dehnbar zeigen, darf als bekannt vorausgesetzt werden, ohne dafs es sich der Mühe lohnt, einzelne Beispiele davon anzuführen.

Man hat oft nach der eigentlichen Ursache der Dehnbarkeit der Körper gefragt. Berücksichtigt man blofs das Phänomen an sich, so werden bei der Ausdehnung der Körper ihre Bestandtheile nur in eine andere Lage gebracht, oder aber die Form des Körpers wird verändert, ohne die Cohäsion der Theile zu schwächen. Genau genommen kommt also die ganze Frage auf zurück, warum gewisse Körper in einem so ausgezeichneten Grade dehnbar sind.

¹ Prevost bei G. XL. 211. Ich selbst habe die Fäden, vorzüglich frischen, zwar dehnbar gefunden, aber nicht in dem angegebenen Grade, auch zogen sie sich nicht ganz wieder zu ihrer vorigen Länge zusammen. Sonst kann man beim Weben der Kreuzspinnen die grofse Elasticität der Fäden am besten beobachten.

neten Grade diese Veränderung der Lage ihrer Theile gestatten und obendrein auf eine solche Weise, daß ihre Masse verschwindend klein wird, ohne Aufhebung der Cohäsion. Diese Frage genügend zu beantworten, fehlen uns indess die erforderlichen Bedingungen. Wir kennen nämlich die Gesetze der Cohäsion bloß in sofern, als wir das Gemeinsame der Erfahrungen und Regeln, welche für die praktische Anwendung brauchbar sind, vereinigen, ohne über die eigentliche Ursache derselben irgend ein Urtheil anmaßen zu können, obgleich wir sie auf die der Materie eigenthümlich zukommende Anziehung zurückführen¹; noch weit weniger aber kennen wir die Beschaffenheit der einfachen Bestandtheile oder der Elemente der Materie, welche uns nothwendig bekannt seyn müßte, wenn wir uns anmaßen wollten, die Frage genügend zu entscheiden, warum gewisse Körper sich in einem so viel vorzüglicheren Grade dehnbar zeigen als andere. Wir müssen uns also auch hier vorläufig mit der Kenntniß der Erscheinungen begnügen, welche die Erfahrung uns darbietet, bis es uns gelingt, tiefer in das Wesen der Dinge einzudringen. M.

Dehnkraft

heißt nach KANT diejenige Grundkraft der Materie, durch deren Conflict mit einer andern Grundkraft, nämlich der *Ziehkraft*, die Existenz der Materie bedingt, und eigentlich erst gegeben wird, indem sie ohne die eine oder die andere derselben überall nicht seyn, nicht bestehen könnte. Manche Anhänger KANT's versuchten es späterhin, aus dem Conflict dieser beiden Kräfte die meisten oder alle Erscheinungen in der Natur zu erklären, allein weil dieses nicht ohne großen und auffallenden Zwang geschehen konnte, und der Gang der Naturphilosophie in Deutschland auch bald eine andere und schnell wechselnde Richtung bei denjenigen nahm, welche sich nicht einfach an die Erfahrung und die unmittelbar aus dieser folgenden Gesetze hielten, so wurden diese Versuche bald wenig beachtet. Indess wurde noch immer viel von *Grundkräften* geredet, wozu hauptsächlich Dehnkraft mit gehörte, von einer

¹ S. Cohäsion. Vergl. Robison Mech. Phil. I. 385.

ig der Naturerscheinungen aus derselben, und von *einamischen Systeme der Physik*. Abstrahirt man von dem erwähnten Satze der Kantischen Dynamik, daß *Dehnkraft* und *Ziehkraft* zur Existenz der Materie gleich nothwendig erfordert werden, welcher bei den Thungen über das Wesen der Materie, näher geprüft muß, so fällt die Dehnkraft als gleichbedeutend mit *stossenden Kraft, Repulsivkraft, Abstossung* an, welche oben schon untersucht ist. *M.*

ascension. S. Absteigung.

Destillation.

atio; Destillation; Distillation; heist diejenige Operation, vermöge welcher eine Materie in Dampfform über den gebildeten Dampf an einem andern Orte durch Erhitzen tropfbarflüssigen Zustand zurückgeführt und so aufbewahrt wird. Der Apparat, in welchem diese Operation vor sich geht, ist der *Destillationsapparat* oder das *Destillationszeug*. Er besteht wesentlich aus 2 Theilen, aus einem, in welchem die Materie relativ wärmer erhält, und in welchem die Verdampfung erfolgt, und aus einem, der eine niedrigere Temperatur hat, um die gebildeten Dämpfe zu verdichten. Je nachdem der Apparat in 2 Haupttheile einrichtet, entstehen vorzüglich folgende Arten: Bei der sogenannten *destillatio per alembicum* befindet sich die zu erhitzende Materie auf einer Schale, die auf einem durchlöcherten Bleche ruht. In ersteren Falle ist der Apparat ein verschlossener Cylinder darüber gestülpt, dessen obere Schale enthaltender Theil mit Feuer umgeben wird, der untere offene Theil in Wasser taucht, durch welchen die Dämpfe der aus der Schale verflüchtigten Materie (z. B. des Quecksilbers) verdichten. Befindet sich die zu destillirende Materie auf einem durchlöcherten Bleche, so ist das Ganze in einen Topf gestülpt, den man mit Feuer umgiebt; die Löcher des Bleches hindurch gehenden Dämpfe sammeln sich in einem darunter befindlichen kalt gehaltenen Topf, in welchem sie sich verdichten. — Bei der *Destillatio obliqua*,

gl. *Abstossung. Materie.*

per latus, per inclinationem wird die Materie in der Retorte erhitzt, einem mehr oder weniger kugelförmigen, und nem schief einmündenden Ausgangsrohre, dem *Hals* sehenen Gefäße. Die in der Retorte entwickelten Dämpfe geben sich durch den Hals entweder unmittelbar in die Vorlage oder zwischen beiden befindet sich noch ein in der Mittelförmig erweiterter Canal, der *Vorstofs*, in welchem die Abdichtung eines großen Theiles der Dämpfe erfolgt. — *destillatio per adscensum* endlich wird die Materie in einem Gefäße mit weiterer, nach oben gerichteter, Mündung erhitzt. Dieses Gefäß heißt bald ein *Kolben* (wenn die Mündung etwas längeren und engeren Hals darstellt) bald ein *Rebis* (wenn sie kürzer und weiter ist). Auf der Mündung des Kolbens oder der Blase ist der *Helm* befestigt, welcher die Dämpfe aufnimmt, und durch seinen Schnabel in denjenigen Apparat leitet, in welchem die Erkältung eintreten soll. Bisweilen ist dieses bloß eine Vorlage; in den meisten Fällen dagegen befindet sich zwischen dem Helmschenkel und der Vorlage irgend ein Abkühlungsapparat, z. B. ein in dem kaltem Wasser gefülltes *Kühlfaß* befindliches *Kühlrohr*, welches bald gerade, bald schlangenförmig, bald gewunden ist, und oft noch in Erweiterungen übergeht, die die Abkühlung des Dampfes durch das umgebende Wasser fördern.

Meistens wird die Destillation bei gewöhnlichem Luftdrucke vorgenommen; soll sie hier nicht sehr langsam gehen, so muß die Materie auf diejenige Temperatur erhitzt werden, bei welcher der entstehende Dampf dem Luftdruck das Gleichgewicht hält. Ist der Destillationsapparat luftleer, so erfolgt die Destillation schon bei niedriger Temperatur sehr rasch, wenn nur die Vorlage kälter ist, als in welchem die Materie verdampfen soll. Zwar ist Wärme erforderlich, um eine gleiche Quantität der Materie als Dampf überzuführen, dieses erfolge in Luft erfüllte bei höherer, oder in luftleerem Raume bei niedriger Temperatur;¹ da jedoch Wärme von geringer Intensität oft

¹ S. Dampf Th. II. S. 293. ff.

erhalten werden kann, z. B. Sonnenwärme, oder die Wärme, die das Wasser des Abkühlungsapparats annimmt, so würde in mehreren Fällen die Destillation im luftleeren Raume vortheilhaft seyn¹. Die in der Vorlage sich ansammelnde Flüssigkeit ist das *Destillat*.

Die Destillation wird meistens in der Absicht unternommen, um eine flüchtigere Materie von einer minder flüchtigen zu scheiden, welche als sogenanntes *caput mortuum* oder, wenn es eine Flüssigkeit ist, als *Phlegma* in dem Destillirgefäße zurückbleibt. Ist bei der ersten Destillation von Letzterer eine große Menge mit übergegangen, so nimmt man häufig eine nochmalige Destillation, *Rectification* des Destillats vor, die man unterbricht, sobald die flüchtigere Materie völlig verpufft ist; eine Operation, die mehrmals wiederholt werden kann. Gießt man das Destillat auf den Rückstand des Destillapparats zurück oder auf frische Materie, und destillirt von neuem, so ist dies die *Cohobation*². G.

Diaphanometer. s. Durchsichtigkeit.

Dichtigkeit.

ichte; *Densitas*; *Densité*; *Density*; bezeichnet eine der sogenannten relativen Eigenschaften der Körper, welcher Lockerheit entgegensteht. Diesemnach nennt man Körper mehr oder weniger locker, wenig oder mehr und dicht u. s. w.; auch ist bekannt, daß verschiedene Körper leicht aus dem einen dieser Zustände in den andern übergehen, wobei allezeit eine Vergleichung mit andern Körpern oder einer anderweitigen Beschaffenheit der nämlichen zum Grunde liegt. Wenn schon hieraus hervorgeht, daß der Ausdruck *Dichtigkeit* nichts *Absolutes*, sondern bloß etwas *Re-*

¹ Vergl. Smithson Tennant in J. de ph. LXXXIX. 134.

² Ueber die mannigfaltigen beim Branntweinbrennen empfohlenen Apparate s. unter andern: GILB. Ann. LXIV. 172 u. 178. Buchapertor. VII. 96; IX. 341; XIV. 26 u. 339; SCHERER Nord. Annal. hang II. 66; IV. 394. DINGLER polytechn. J. XV. 312; HERMSTÄDT DÜPORTAL chem. Grunds. der Kunst Branntwein zu brennen. Berl.

latives bezeichne, so geschieht dieses noch mehr, sobald die wissenschaftliche Feststellung desselben berücksichtigt. Bestimmung der Dichtigkeit eines Körpers besteht nämlich einer Vergleichung der Masse (der wägbaren Bestandtheile, Elemente) desselben und des Raumes, welchen diese einnehmen, und steht im geraden Verhältnisse der ersteren um umgekehrten des letzteren. So sagt man ein Körper sey n mal so dicht, wenn er in einem gleich großen Raume n mal so Masse enthält, als ein anderer, oder wenn bei gleicher beider der Raum, welchen er einnimmt, n mal kleiner ist. man aber hierbei einen bestimmten Körper als Maß zur Vergleichung annehmen muß, so hat man hierzu das reine V im Punkte seiner größten Dichtigkeit gewählt, weil man überall leicht und in gehöriger Reinheit haben kann, mit selben aber nach hydrostatischen Gesetzen alle übrigen I nicht bloß ohne große Schwierigkeiten, sondern auch m serordentlicher Schärfe und Genauigkeit verglichen werden nen. Hieraus ergibt sich aber wiederum, daß die Dich der Körper mit ihrem specifischen Gewichte zusammenfä

Hierbei ist indeß Folgendes zu berücksichtigen. Man bei der Bestimmung der Dichtigkeit der Körper wohl scheiden, ob dieselbe eine *gleichmäßige* oder eine *ungmäßige*² sey. Das erstere findet statt, wenn in jedem großen Raume, welchen die einzelnen Theile eines K einnehmen, gleichviele Massentheilchen desselben ent sind, das Letztere, wenn die Menge der Massen in den en Räumen ungleich vertheilt ist. Die Körper nämlich seyen fest, tropfbar flüssig oder expansibel, bestehe gleichartiger Masse oder aus ungleichartigen, mit einande bundenen, zusammengemengten Bestandtheilen, und in Fällen kann ihre Dichtigkeit gleichmäßig oder ungleich seyn. Im ersteren Falle, wenn die Körper aus hom

1 S. Gewicht; specifisches.

2 Dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach nennt man d per *gleichförmig* oder *ungleichförmig* dicht. Weil aber kein hierbei in Betrachtung kommt, und man außerdem sagt, die M *gleichmäßig* oder *ungleichmäßig* vertheilt, so habe ich die drücke lieber aufnehmen wollen.

bestehen, und überall gleich erwärmt sind, werden sie gleichmässig dicht seyn, es sey denn, daß einzelne Theile durch Compression oder durch sonstige Ursachen eine grössere Dichtigkeit erhalten haben als andere. So werden Metalldrähte durch das Ziehen auf ihrer Oberfläche dichter ¹, Metalle und einzelnen Theile des Glases durch ungleiches Erkalten mehr oder weniger dicht. In der Regel aber darf man annehmen, daß völlig gleichartige Körper auch überall gleichmässig dicht sind, wenn anders ihre Temperatur überall gleich ist. Weil aber alle Körper durch Wärme ausgedehnt werden, so werden grössere Mengen der Bestandtheile bei höherer Temperatur einen grösseren Raum einnehmen, und sonach weniger dicht seyn, je grösser die Ungleichheit allezeit um so viel grösser, je bedeutender die Ungleichheit der Temperatur der einzelnen Theile ist; letztere aber kann wieder um so viel grösser seyn, je schlechtere Wärmeleiter die Körper sind, und je stärker sie durch die Wärme ausgedehnt werden. Hauptsächlich auffallend ist daher eine ungleichmässige Dichtigkeit bei dem Glase, auf manche Erscheinungen der Lichtpolarisation beim Durchgange des Lichtes durch ungleich erwärmte, und daher ungleich dichte Glasstücke beruhen, indem zwar das Glas durch Wärme weniger ausgedehnt wird, als Metalle, zugleich aber auch ungleich schlechter in seiner Masse fortleitet; bei weitem am ungleichmässigsten aber ist die Dichtigkeit der Flüssigkeiten, sowohl der tropfbaren als auch der expansibelen, weil diesen beide Ursachen zusammenwirken, nämlich sowohl die grössere Ausdehnung durch Wärme als auch die schlechtere Fortleitung derselben, und indem in gleichartigen Medien die Brechung des Lichtes der Dichtigkeit proportional ist, so werden viele optische Erscheinungen aus dieser ungleichen Brechung erklärbar ². Bei gemengten, aus ungleichartigen Theilen zusammengesetzten, Körpern ist die Dichtigkeit der einzelnen Massen oft sehr verschieden, und zwar am auffallendsten, wenn die Ganze aus grösseren heterogenen Massen zusammengesetzt sind. Beispiele dieser Art geben die grobkörnigen gemengten Gesteinsarten, z. B. der Granit, die Erze mit den Gesteinen,

¹ Vergl. *Cohäsion; absolute Festigkeit*.

² Vergl. unter andern *Luftspiegelung*.

worauf sie sitzen; die Vegetabilien, z. B. Bäume in ihren Theilen, namentlich der Rinde, dem Splint u. Stammholze, die thierischen Körper nach ihren Haupttheilen, den Knochen; dem Muskelfleische, Blute, s. w. insbesondere aber die heterogenen Flüssigkeiten, bei ihrer Vereinigung sich nicht vermischen. Haupt aber kommt die ungleichmäßige Dichtigkeit bei denjenigen in Betrachtung, deren Masse mehr oder minder Zwischenräume enthält, welche mit tropfbaren oder expansibelen Flüssigkeiten erfüllt sind. Bei der Bestimmung der Dichtigkeit der expansibelen Flüssigkeiten endlich kommt noch derjenige Druck in Betrachtung, durch welchen sie comprimirt werden, indem sie sonst vermöge ihres weichen Charakters der Expansibilität sich bis ins Unmögliche dehnen, und somit ihre Dichtigkeit ändern ¹.

Bei der Bestimmung der Dichtigkeit der Körper, von gleichmäßiger oder ungleichmäßiger Dichtigkeit, von gleicher oder an den einzelnen Theilen von ungleicher Temperatur, aus gleichartigen oder ungleichartigen Massen zusammengesetzt, sucht man die *mittlere Dichtigkeit* der des Ganzen oder der einzelnen Theile. Hierbei giebt es weder das Verfahren, wodurch man überhaupt die Dichtigkeit bestimmt, ihre mittlere Dichtigkeit unmittelbar, z. B. man das spec. Gew. der Erze, der gemengten Gebirgsarten, Metalllegirungen u. s. w. mittelst der hydrostatischen Waage findet, oder man sucht die Dichtigkeiten der einzelnen Bestandtheile und findet hieraus, mit Rücksicht auf die Größe der einzelnen Massen, die mittlere Dichtigkeit, oder endlich corrigirt die bekannte Dichtigkeit nach dem gleichfalls bekannten Einflusse der Wärme und des äußeren Druckes. Wenn man z. B. die mittlere Dichtigkeit einer in einem Gefäße enthaltenen Quantität einer tropfbaren oder expansibelen Flüssigkeit bestimmen will, so müßte man die Abwägung bei einer gewissen Temperatur vornehmen, und das gefundene Resultat nach der Ausdehnung derselben durch die Wärme corrigiren, indem man entweder die Temperatur der einzelnen Schichten mäßigt

¹ Vergl. *Luft*.

Die mittlere Temperatur des Ganzen vermittelt eines Thermometers bestimmte, dessen Cylinder mit den sämtlichen Schichten in Berührung seyn müßte, wobei die expansibelen Flüssigkeiten noch eine Correction wegen des Druckes bedürfen, unter welchem sie sich befinden.

Bei der Bestimmung der Dichtigkeiten der Körper werden, wie oben angegeben ist, die Dichtigkeiten, die Massen (angen der schweren Massentheilchen) und die Volumina (die Räume, welche diese Massentheilchen einnehmen) mit einander verglichen, und es sind die Dichtigkeiten zweier Körper den Massen directe, den Räumen aber umgekehrt proportional. Es giebt also allgemein, wenn man die Bezeichnungen D und d ; M und m ; V und v für die Dichtigkeiten, die Massen und die Volumina wählt,

$$D : d = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}.$$

$$D : d = Mv : mV.$$

Sind demnach die Massen oder die Gewichte gleich, so ist

$$D : d = v : V,$$

Wenn wiederum die Volumina gleich sind, so ist

$$D : d = M : m,$$

folgt hieraus, auf den Fall, wenn man die Massen aus den Dichtigkeiten und Voluminibus berechnen will

$$M : m = DV : dv \text{ und } V : v = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}.$$

In allen diesen Formeln aber kann man auch P und p statt M und m setzen, wenn man damit das absolute Gewicht berechnet, indem die Massen dem Gewichte deswegen gleich sind, weil alle Materie gleich schwer ist, folglich die gravitative Masse durch das Gewicht angegeben werden muß. Sind die verglichenen Körper ähnliche feste Körper, so sind die Volumina derselben den Cubis der Halbmesser bei der Kugelform, oder ähnlich liegender Seiten bei andern Formen proportional, welche Werthe dann statt V und v gesetzt werden können. So ist z. B. für Kugeln vom Halbmesser r und R

$$D : d = Mr^3 : mR^3$$

Wenn $m = 1$ und $r = 1$ genommen wird,

$$D : d = M : R^3; \text{ und für } d = 1 \text{ ist } D = \frac{M}{R^3}.$$

Eine Angabe der Dichtigkeiten der verschiedenen ist überflüssig. Es ist nämlich oben schon erwähnt, hierbei das Wasser als Einheit annimmt, und sich darnach hydrostatischen Gesetzen bedient, um die Dichte zu finden; woraus folgt, daß die Dichtigkeit dem spezifischen Gewichte gleich ist. Bei tropfbaren Flüssigkeiten ist das einzige zulässige Mittel zur Bestimmung der Dichtigkeit, denn, daß man ein gleich großes Gefäß damit anfüllt, dessen Gewicht desselben $= p$ suchen, das nämliche Gefäß mit Wasser gleichfalls wiegen wollte, und dabei letzteres $= p'$ so wäre $d = \frac{p}{p'}$, die Dichtigkeit des Wassers $= 1$.

Auf gleiche Weise findet man auch die Dichtigkeiten gasförmigen Flüssigkeiten. Sollen die Dichtigkeiten zweier Körper mit einander verglichen werden, deren Volumen gemessen werden können, so sucht man die absoluten Gewichte derselben P und p , und hat dann

$$D : d = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}.$$

Kennt man aber das absolute Gewicht eines bestimmten Volumens Wassers, z. B. eines Kubikfußes $= p'$ und die Dichtigkeit eines festen Körpers $= D$ bestimmen, das absolute Gewicht $= 1$ gesetzt, so sucht man das absolute Gewicht des Volumens desselben in Kubikfußmaße $= v$ und $D = \frac{p}{vp'}$; woraus, wenn die Volumina gleich sind, $D = \frac{p}{p'}$ wird.

Unter den Körpern, wie sie ohne künstliche Einwirkung auf der Erde sich finden, sind die dichtesten die festen Körper, die dünnsten die Gasarten und Dämpfe; indem die Dichtigkeit der Gase aber von der Temperatur und dem Drucke in solchen Grade abhängt, daß man sie zugleich die dünnsten und auch die dünnsten Substanzen nennen könnte¹, die Dichtigkeit der Dämpfe mancher Körper aber gar nicht bestimmt werden kann, und die Dichtigkeit der Dämpfe überhaupt selbst im Maximum ihrer Dichtigkeit bei abnehmender Temperatur

¹ S. Luft.

Alle Messung geringe wird, so läßt sich nicht füglich eine Richtung der Extreme der Dichtigkeiten in der Natur annehmen. Hieraus ergibt sich von selbst, daß Substanzen, welche unter gewissen Bedingungen sehr leicht wägbare sind, unter andern viel zu dünn werden, als daß eine Wägung derselben möglich seyn sollte, und hiernach bleibt es allezeit fraglich, ob die sogenannten Inponderabilien wirklich unwägbare sind oder nicht.

Diejenigen Substanzen übrigens, deren Dichtigkeit man einen so großen Unterschied unter ihnen gewöhnlich zu machen pflegt, sind das schwerste unter den Metallen, das Gold und die leichteste Gasart, das Wasserstoffgas. Nimmt man die Dichtigkeit des Letzteren gegen atmosphärische Luft, bei 0° Temperatur und 28 Z. Barometerstand $= 0,0680 : 1$, die Dichtigkeit der Luft gegen Wasser $= 0,00128308 : 1$, die Dichtigkeit des Platins gegen Wasser aber $= 21 : 1$; so ist die Dichtigkeit des Platin's gegen Wasserstoffgas unter den angegebenen Bedingungen $= 240688 : 1$. Auch hieraus ergibt sich, daß Körper, welche in einem gleichen Verhältnisse der Dichtigkeit zum Wasserstoffgas ständen, für unsere Waagen unbrauchbar seyn müßten.

Über das eigentliche Wesen und die Endursache der Dichtigkeit etwas ausmachen zu wollen, oder anzugeben, warum manchen Substanzen eine größere Dichtigkeit eigenthümlich ist zu lernen, liegt ganz außer unserer Befugniss, indem wir weder die Elemente der Körper noch die Ursache ihres Zusammenhalts, viel weniger also des engeren oder lockerern kennen. Ein Körper, der so dicht ist, als ein Körper, indem dieses nach unseren Begriffen voraussetzen würde, daß er durch kein Mittel dichter werden könnte, da wir doch alle uns bekannte Körper durch Einwirkung der Wärme an Volumen abnehmen sehen. Diese Ansicht bewog NEWTON anzunehmen, daß selbst die dichtesten Körper, als namentlich das Gold, nur eine geringe Quantität Materie und verhältnißmäßig eine große Menge Poren oder leerer Zwischenräume enthielten¹. Wenn man indess die Materie als absolut repulsives Princip ansieht², und annimmt, daß die Metalle bei der Verminderung derselben die uns be-

Hutton Dict. I. 403.

Vergl. *Abstoßung*.

kannte Zusammensetzung fortwährend befolgen, so müßte sie bei dem absoluten Nullpunkte vollkommen dicht seyn, es könnte dann ihre Dichtigkeit nicht so ungeheuer vergrößert seyn, als man nach Newton annehmen müßte, wenn der absolute Nullpunkt nicht tiefer als bei -640° C. wofür wenigstens einige triftige Gründe entscheiden.¹ führen solche Betrachtungen, wie man sieht, zu sehr apothetische Voraussetzungen.

Differenzialbarometer.

Diesen Namen giebt Dr. August² in Berlin einem von ihm fundenen abgekürzten Barometer, das die Dichtigkeit der Luft durch die Höhe einer Quecksilbersäule mißt, vermittelt durch ein gewisses Quantum eingeschlossener Luft comprimirt wird. Das Instrument besteht aus zwei Glasröhren, einer 160. tern oben verschlossenen L, in welcher die Luft eingeschlossen wird, und aus einer offenen Barometerröhre a b, deren Länge nach Belieben auf die Hälfte, ein Dritttheil oder Viertel des wöhnlichen Barometers gebracht werden kann. Durch Einleiten von oben bei b, oder durch Druck von unten bei d, wird Quecksilber in beide Röhren gebracht, und dadurch die Luft in L zusammengeedrängt. Der Widerstand, den sie dem Druck entgegensetzt, läßt das Quecksilber nur auf eine gewisse Höhe z. B. bei c steigen, treibt aber dagegen dasselbe in den offenen Schenkel a b desto höher, etwa bis β . Diese letztere Höhe wird desto größer, je mehr die Luft in L verdichtet wird, sie ist also auch größer, wenn die eingesperrte Luftmasse ursprünglich größere Dichtigkeit besaß, und sie wird somit ein richtiges Maß der Dichtigkeit der Luft. Hat man also am Fuß eines Berges die Luft im Gefäße L abgeschlossen, comprimirt bei c, und wiederholt den nämlichen Versuch auf dem Gipfel desselben bei gleicher Temperatur, wird das Verhältniß der Quecksilberhöhen in der Steigröhre das Verhältniß der Dichtigkeiten der Luft in den zwei Stationen angeben. Kennt man nun das Maß der Verdichtung, so kann

1 Vergl. *Nullpunkt, absoluter*.

2 Poggendorf Ann. III. 329.

hieraus auch die wirklichen Barometerstände selbst herleiten. Dieses ergibt sich aus folgendem:

Vor der Abschließung der Luft bei d ist ihre Expansivkraft barometrischen Druck gleich, und diesem hält die frei zugängende Luft in der Röhre a b das Gleichgewicht. Diese Gleichwirkung dauert, da die Steigröhre oben offen ist, fort, auch nachdem die Luft in L abgeschlossen ist. Wird nun durch das Hineinbringen des Quecksilbers die Luft verdichtet, so vermag sie eine höhere Säule, als diejenige des Barometerstandes zu tragen, und das Quecksilber erhebt sich in der Steigröhre a b über das Niveau dieser Flüssigkeit im andern Schenkel L; (denn die Gewichte der Säulen d c und d a heben sich gegenseitig auf). Es sei also, wenn d die Dichtigkeit der Luft vor der Abschließung, x die Dichtigkeit der comprimierten Luft, α die der Dichtigkeit d entsprechende Quecksilbersäule oder den eigentlichen Barometerstand, und β die bewirkte Steigung über c bezeichnet, $x = d : d + \beta$. Das erstere Verhältniß läßt sich auf leichtere Art aus den Räumen herleiten, welche die Luft vor und nach der Compression einnimmt. Die Dichtigkeiten sind nämlich zu diesen in umgekehrtem Verhältniß. Man kann also auch, wenn m den ganzen Inhalt des Luftgefäßes L, α den Raum der comprimierten Luft bezeichnet, (beide in cylindrischen Linien der Steigröhre a b ausgedrückt)

$$d : x = \alpha : m - \alpha; \text{ oder } m - \alpha : \alpha = \beta : x,$$

$$x = \frac{\alpha \beta}{m - \alpha}. \text{ Nennt man das Quantum der Compression}$$

den Raum d c = n, so ist $\alpha = m - n$; und $n = m - \alpha$,

$$\text{wird } x = \frac{(m - n)}{n} \times \beta = \left(\frac{m}{n} - 1 \right) \times \beta.$$

Beispiel. Bei einem am 6. März 1825 vom Erfinder angelegten vorläufigen Versuche war $m = 330,76$ cylindrischen Linien vom Querschnitt der Steigröhre; $\alpha = 292,73$; also $m - \alpha = 38,03$, $\beta = 44,27$. Es ist also

$$\frac{330,76}{38,03} = 8,697; \frac{m}{n} - 1 = 7,697. \text{ Dieses multi-}$$

pliziert mit $\beta = 44,27$ giebt $x = 340,74$ Lin. als den durch das Instrument angegebenen Barometerstand. Ein im Zimmer gehaltenes Heberbarometer gab 340,7 Par. Lin.

Aus der Formel $x = \left(\frac{m}{n} - 1 \right) \beta$ erhellet, daß einfache Function von β ist. Wenn man daher im Gefäß Quecksilber immer zu einer und derselben Höhe anstellt, so wird das Verhältniß $\frac{m}{n}$ beständig, und man

die wahre Barometerhöhe durch Multiplication der gemessenen Höhe mit einem Factor. Durch Verrückung des Querschnittes c kann man dieses Verhältniß auf einfache Weise bringen, so daß z. B. $n = \frac{1}{4} m$; also $m : n = 4 : 1$; hin wird der Coefficient von $\beta = 4 - 1 = 3$; oder die wahre Barometerhöhe ist genau das Dreifache der am Instrumente abgelesenen Höhe.

Noch haben wir den Einfluß zu betrachten, den die Temperatur auf das Differenzialbarometer ausübt. Dieser ist von drei Art: Erstlich wird die Quecksilbersäule durch die Ausdehnung dieser Flüssigkeit verlängert; und dann wird durch die Wärme die Expansivkraft der eingeschlossenen Luft in demselben Grade verstärkt, so daß diese wie ein Luftthermometer wirkt. Die Ausdehnung der Quecksilbersäule ist immer der linearen Ausdehnung dieses Metalles multiplicirt mit der Länge der Säule; sie ist also, wenn die Letztere in der Höhe nur ein Dritttheil der Barometerhöhe beträgt, auch nur ein Dritteltheil der gewöhnlichen Correction des Barometers für die Ausdehnung des Quecksilbers. Sie kann daher auch füglich in die Reduction auf den wahren Barometerstand durch die gewöhnlichen Tafeln verrichtet werden. Sonst hat man bei T die Réaumur'schen Thermometer nebst ihren Zehntheilen eingezeichnet, die verbesserte Höhe $\beta' = \beta + \beta T. 0,00002$

Bedeutender als diese Verbesserung ist die Correction wegen der Ausdehnung der eingeschlossenen Luft durch die Wärme. Beim Gebrauche des Instrumentes kann es sich leichtgetragen, daß die Geräthschaft von der Sonnenhitze und die des Körpers merklich erwärmt wird, während dem Aufsteigen in die Höhe ein unerwarteter Luftzug die Atmosphäre erkältet. Umgekehrte kann eintreffen, wenn man aus der Kälte in ein wohlgeheiztes Zimmer tritt. Die im Gefäß L abgelesene Höhe wird also durch die Wärme der Seitenwände aus-

die Expansivkraft nimmt zu, so daß sie in Folge der Erwärmung eine höhere Quecksilbersäule zu tragen vermag, als diejenige ist, welche dem atmosphärischen Luftdrucke und der äußern Temperatur entspricht. Den Versuchen zufolge beträgt die Ausdehnung $\frac{1}{273}$ der Volume für jeden Grad Réaumur's, da um dieses Quantum muß also auch die Expansiv-Kraft der Luft, oder die sie repräsentirende Quecksilbersäule vermindert werden. Nennt man also den Unterschied der Temperaturen der eingeschlossenen und der äußern Luft t , die beobachtete Höhe β , so ist die verbesserte Höhe $\beta' = \beta + \frac{\beta t}{273} =$

$\beta + \beta \cdot t \cdot 0,00469$. Da man aber eigentlich diejenige Wirkung sucht, welche die Wärme auf die Luftmasse β' von der äußern Temperatur, also auf die bereits ausgedehnte β hat, so wird $\beta' = \beta + (\beta + \beta \cdot t \cdot 0,00469) \times t \cdot 0,00469 = \beta + \beta \cdot 0,00469 + t^2 \cdot 0,00469^2$. Man kann diesen Coefficienten β in eine Tafel für $-t$ und $+t$ von 1° bis 10° bringen, jedoch bis auf vier Decimalstellen gegeben seyn muß, wenn man in der Correction die Zehntellinien genau haben will. Immerhin wird es rathsamer seyn, dieser Correction sich ganz zu enthalten, indem man wartet, bis das Luftgefäß ganz die äußere Wärme angenommen hat, da es schwer zu bestimmen ist, welche Temperatur die eingedrungene Luft im Moment des Abfließens wirklich gehabt habe.

Einrichtung des Differenzialbarometers.

A B ist ein cylindrisches Stück Buchsbaumholz, in welches Fig.
cylindrischen Glasröhren L und a b etwa $\frac{3}{4}$ Zoll tief einge- 161.
setzt sind. Unten bei d tritt ein Schraubengang hinein, und 162
t sind die etwa $1\frac{1}{2}$ Lin. weiten Canäle d e und d f und d g, 165.
zu beiden Röhren und dem Thermometer t führen, so schräg
eingeschnitten, als es die Anbringung des Bohrers gestattet.
den Schraubengang tritt das ebenfalls cylindrische Stück
E K, welches oben eine sphärische Vertiefung (entspre- Fig.
nd der Convexität bei d) und bei g ein konisches Loch hat, 163.
durch eine Verbindung mit dem kugelförmigen Raume g h i k
steht. Dieser wird einerseits durch die sphärische Höhlung
k im Holze C D, andererseits durch den Lederbeutel i h k
d. II.

gebildet, welcher bei i und k um einen Ansatz fest und herungebunden ist. Man nimmt dazu vollkommen dichte der Narbe versehene Bockleder, auf dessen Befestigung Sorgfalt verwendet werden muß, weil bei diesem Instrument der Druck weit größer ist, als bei dem gewöhnlichen Barometer. Unweit des Ansatzes i k ist ein Schraubengang eingestrichen, durch welchen das Stück EK an CD angeschraubt. In demselben befindet sich die Kugelschale H aus Holz oder Messing, welche mittelst der Schraube S gehoben werden kann, um den Lederbeutel in die Halbkugel i g k hineinzulegen. Die Hülse EK dient zur Beschützung des Beutels. Die Schale H hat auf der Schraube S freie Drehung, damit beim Umdrehen derselben nicht nachfolge. Der Fuß, nämlich der Schraubenkopf von S ist breit, und kann, wenn im Zimmer beobachtet, dem Ganzen zum Stativ dienen.

Fig. 164. Deckel G ist bestimmt, beim Transporte des Instruments die Büchse CDEK zu verschließen. Am Glaszylinder L befindet sich bei c eine Hülse, als Tangente der im Raume e c bestehenden Quecksilbersäule. Die Hülse c wird so befestigt, daß Quecksilber genau den vierten Theil des Luftgefäßes L einnimmt. Die absolute Größe der Röhre L ist zwar gleichgültig, doch sollte sie, wenn man genaue Resultate haben will, nicht allzu klein seyn; sie wird übrigens durch den Raum g h bestimmt, indem dieser dem vierten Theile der Röhre L, um den Inhalte der ganzen Barometerröhre a b gleich seyn muß. Vortheilhaftest dürfte es seyn, der Röhre L eine ziemliche Länge, (etwa von 8 Zollen) zu geben, damit man in ihrer Hälfte ein sehr empfindliches Quecksilberthermometer von 4 bis 5 Zoll Länge anbringen könnte; denn nur auf diese Weise darf man sich versichert halten, die wahre Temperatur der geschlossenen Luft zu kennen. Man giebt diesem Thermometer eine Scale von Elfenbein, deren Breite (wenigstens an den Enden) dem innern Durchmesser des Glaszylinders gleich seyn muß, damit es in der Mitte der Letztern bleibe. Die Befestigung des Thermometers im Innern desselben kann auf verschiedene Weise erreicht werden. Eine der einfachsten ist folgende: Man giebt dem Glaszylinder oben eine ganz kugelförmige Erweiterung, macht die Scale an ihrem obern Ende ein wenig breiter, und ertheilt ihr daselbst durch

von oben zu beiden Seiten der Thermometerröhre herumgehende Sägenschnitte so viel Federung, daß sie nur mit einem Gewalt durch den Glaszylinder geschoben werden kann. federnden Theile werden sich dann in der Kugel ausbreiten, selbst eine starke Erschütterung wird nicht vermögend seyn, Thermometer aus seiner Stelle zu bringen. Die Steigröhre wird, um die Masse des anzuwendenden Quecksilbers zu mindern, aus zwei Stücken zusammengesetzt; das untere, etwa 5,5 Zolle lang, ist nur 2 Lin. weit, das obere von Länge nebst 1 Z. Raum für den Vernier, erhält 3 Lin. in-
 ligen Durchmesser. Am Glaszylinder L ist unterhalb bei c weiteres Stück von 7 Lin. Durchmesser und 15 Lin. Höhe schmelzen, damit der Punct c nicht zu weit hinaufgerückt, dadurch das Ganze ohne Noth verlängert werde. Der obere l erhält etwa 5,5 Lin. Durchmesser, bei einer Länge von Zoll. Aus diesen Dimensionen ergeben sich folgende Ca-
 täten: Der Steigröhre a b unterer Theil, 66 Lin. hoch und n. weit hält 207 Kubiklinien: der obere Theil 60 Lin. hoch 3 Lin. weit 424 Kub. Lin. zusammen 631 Kub. Lin. Der e Theil des Luftgefäßes L von 5,5 Lin. Durchm. und 75 Lin. e hält 1800 Kub. Lin.; dessen dritter Theil ist 600 Kub. L. e so groß, nämlich 578 K. L., ist der untere Theil bis c von n. Durchm. und 15 Lin. Höhe. Man hat nun
 $+ 578 = 1210$ K. L. für den Kubikinhalte der vom Queck-
 r zu erfüllenden Räume. Giebt man dem kugelförmigen lter g h i k einen Durchmesser von $13\frac{1}{2}$ Lin. so erhält man t Raum von 1295 Kub. Lin. und also nur wenig mehr, als
 notwendigen Bedarf. Durch Verengung der Steigröhre, ie durch Verkleinerung des Gefäßes L könnte man aller-
 die Quecksilbermasse vermindern, allein nicht ohne zu-
 den Einfluß der Capillarität zu vergrößern, und der Ge-
 keit der Beobachtung und der Empfindlichkeit des Instru-
 s Eintrag zu thun. Zu beiden Seiten des Gefäßes A B er-
 sich bis über die Röhre a b hinauf zwei messingene Schie-
 l K, M N, von 7 bis 8 Lin. Breite und 1 bis 1,5 Lin. Dicke.
 sind 11,5 Zolle lang, und oben durch eine messingene e von 0,5 Z. Durchmesser verbunden, deren Mitte oberhalb
 eschnitten ist, um die Luftblase einer kleinern Wasserwaage
 sichtbar zu machen, die in der Röhre befestigt ist, und den

Beobachter von der verticalen Stellung des Instruments obem soll. Die zu dieser Wasserwaage gebrachte Glaskugel darf nicht sehr enge seyn, wenn jene nicht allzu unempfindlich werden soll; sollte sie zu kurz scheinen, so darf man es bedenken die Messingröhre OP über die Schienen $K O, N$ ausgehen lassen. Der Aufhänger R ist an einer messingnen Hülse Q befestigt, welche auf der Röhre OP durch eine Nut festsetzt, damit man bei dem veränderlichen Stand des Quecksilbers in der Steigröhre $a b$ den Aufhängepunkt nothigfalls ein wenig verschieben könne. Will man statt der Wasserwaage ein Pendel anbringen, wozu allerdings Raum genug ist, so kann dieses in eine Glasröhre eingeschlossen werden, um gegen Luftzug geschützt zu seyn. Auch läßt sich bei unveränderlichem Aufhängepunkt leicht durch Versuche und Rechnungen bestimmen, wie viel bei jedem Stande des Quecksilbers das Instrument von der Verticalität abweiche, und welche Correction deshalb an der gemessenen Höhe anzubringen sey. Zu

Fig. 161. der Steigröhre $a b$ und der Schiene $M N$ rechter Hand befindet sich die Scale $m n$, an welcher der Vernier mit seiner, 162. röhrenförmigen Hülse auf- und niedergleitet durch eine feine Bewegung stellbar ist. Sie ist etwa 6 Zoll lang; ihr unterer Anfangspunkt befindet sich genau 4 2/3 Zoll dem Niveaupunkt c . Man kann sie, wenn dieser Punkt geführt ist, daß der Raum $e c$ genau den 4ten Theil der Gefäßes L beträgt, sogleich in Drittelszolle abtheilen, und denselben in 12 Theile zerfallen, welche den Linien des meters gleich sind; der Vernier giebt dann Zehntellmaße. Der Raum von 4 1/2 Z. unterhalb dieser Barometerscale wird der Scale des festen Thermometers eingenommen, das die Temperatur des Quecksilbers angeben soll. Es ist ein kleiner Linderthermometer t , dessen Röhre luftdicht durch einen neuen oder hölzernen Pfropf p gesteckt wird, welchen man cylindrische Höhlung $p q$ entweder dicht einschraubt oder verleimt. So wie beim Gebrauche das Quecksilber in die Röhre d hineingetrieben wird, verbreitet es sich in die Röhre t . Die dadurch in $p q$ gedrängte Luft entweicht durch den kleinen Seitengang r in die offene Steigröhre und die Kugel des Thermometers wird von dem Quecksilber ganz umgeben. Dies ist um so nothwendiger, da bei unserer Einrichtung die

n und das eigentliche Quecksilbergefaß beim Transport von nander getrennt sind, wodurch sie leicht in den Fall kommen, eine ganz verschiedene Temperatur zu erhalten. Es wäre allerdings leicht, beide Gefäße zu vereinigen, indem man zur Verschließung des Quecksilbergefaßes bei d einen Hahn anbrachte; allein dadurch würde nicht nur das Instrument merklich verlängert, sondern es wäre überhaupt nicht zweckmäßig, die leichten und zerbrechlichen Glasröhren mit einem Körper von so schwerem Gewicht in Verbindung zu bringen. Jeder der beiden Theile des Apparates wird nun in einen Cylinder von Pappe oder von weißem Bleche, der inwendig ausgepolstert ist, besonders verwahrt.

Beim *Gebrauche* des Differenzialbarometers hat man erst darauf zu sehen, daß kein Staub oder Unreinigkeit sich in den Röhren befinde, deren Enden deswegen noch besonders verschlossen werden können. Man schraubt alsdann das Quecksilbergefaß C D E K, nachdem dessen Deckel G abgenommen ist, an das Gefäß A B fest, hängt das Instrument auf, und hebt vermittelst der Schraube S das Quecksilber in die Röhre, wobei man Acht hat, daß wenigstens in dem Moment, wo das Luftgefäß L abgeschlossen wird, das Barometer vertical sey.

Schrauben wird nachher in beliebiger Lage so lange fortgesetzt, bis bei senkrechter Aufhängung das Quecksilber in L am untern Rande der Hülse c aufs schärfste tangirt wird. Hier stellt man den Vernier an der Steigröhre ein, notirt die Lesung des Thermometer und liest ab. Während des Beobachtens ist es zumal für Kurzsichtige, rathsam, das Luftgefäß L durch einen Cylinder oder Halbcylinder von leichter Pappe gegen die ins Gesicht ausstrahlende Wärme zu schützen; nach gemachter Beobachtung muß jedoch der äußern Luft der Zutritt sogleich geöffnet werden, damit das Luftgefäß nicht geheizt werde, ihre Temperatur anzunehmen; man kann zu dem Ende diesen Cylinder an einem Faden von oben bis c herunterhängen, und zurückziehen. Allerdings giebt das Differenzialbarometer nur ein Dritttheil der wahren Höhe an; und so ist es möglich, in dieser um $\frac{3}{10}$ Lin. zu fehlen; allein dieser Nachtheil wird einigermaßen dadurch ersetzt, daß man, so oft man will, schnell die Beobachtung wiederholen, und aus mehreren das Mittel nehmen kann. Nur muß man das Instrument nicht in sei-

Das Differenzialbarometer füllt in dem Apparat des Physikers eine längst empfundene Lücke aus, auch auf gewöhnlichen Reisen mit Sorgfalt und Vorsicht ein gut construirtes Reisebarometer durchzuführen ist dieses beinahe unmöglich bei schwierigen und Bergbesteigungen, wo die Sorge für die persönliche und jede andere Aufmerksamkeit vergessen macht, und des Reisenden oft nur von einem kecken Sprung sollte man es wagen dürfen, das gewöhnliche auf Zügen in unwegsame Länder, nach Asien zu nehmen, und es dem erschütternden Gange des Esels oder Kameeles anzuvertrauen? und wie nicht gerade die Höhenbestimmungen aus jenen wenigen Beobachtungen am Niger, oder im Westen schon längst über den Lauf dieser Flüsse, und schon ihrer Vereinigung manches entschieden, und gabe über die Erhebung der Länder, die Höhe und jetzt nur auf einer täuschenden Schätzung beruhendem sichern Datum in der Geographie erheben bisherigen Vorschläge, das Barometer abzukürzen als unausführbar gezeigt, und das ehemals von WOLLASTON vorgeschlagene Mittel, durch das Wasser die Barometerhöhe zu bestimmen, unzureichend. Das Differenzialbarometer allein Zweck mit Leichtigkeit und hinreichender Genauigkeit zu erreichen.

enden, auf welche sie bei dem bisherigen Stande unserer
sometrischen Hülfsmittel gänzlich hätte verzichten müssen.

H.

Differenzialthermometer.

Differenzthermometer; Thermomètre diffé-
tiel; Differential Thermometer; nennt JOHN LESLIE
empfindliches Thermometer, welches durch die Ausdehnung
Luft geringe Grade der Wärme anzeigt. Dasselbe wird in
nämlichen oder einer wenig veränderten Gestalt auch *Pho-*
*eter, Pyroskop, Hygrometer, Aethrioskop*¹
ermoskop, Mikrocälörimeter genannt, welche Namen
seinem verschiedenen Gebrauche entlehnt sind, und an
gehörigen Orten erklärt werden.

Obgleich das *Differenzial-Thermometer* als eine Erfin-
LESLIE's und das *Thermoskop*, mit demselben dem Wesen
identisch, als durch RUMFORD erfunden allgemein be-
t sind, so läßt sich doch leicht nachweisen, daß beide
nach früheren Angaben abgeändert wurden, und überhaupt
die ganze Erfindung bekannten Gesetzen der Natur so
daß sie auf keine Weise als etwas Ausgezeichnetes gelten
. Jede Construction dieses verschiedentlich abgeänderten
umentes beruhet nämlich auf der unlängst bekannten Aus-
ung der Luft durch Wärme, der Erzeugung der Wärme
den Einfluß der Licht- und Sonnen-Strahlen durch
rbirtwerden derselben in dunkelen Körpern, und der Er-
ung von Kälte durch Verdunstung in Gemäfsheit des durch
gebildeten Dampf gebundenen Wärmestoffes. Man kann
nicht ohne Grund annehmen, daß in dem *Luftthermo-*
, welches CORNELIUS DREBBEL um 1638 bekannt machte²,
aus einer Glaskugel an einer engen, mit gefärbtem Wein-
gefüllten, Röhre bestand, die erste Idee des Luftthermo-
s und somit jedes folgenden Werkzeuges liege, vermittelt
n die Wärme durch die Ausdehnung der reinen oder mit
ofen erfüllten Luft gemessen wird. Nach der Bekanntwer-

8. Th. I. p. 279.

Dalencé Traité des baromètres, thermomètres et notiomètres
1688. 8.

LESLIE. Eine Uebereinstimmung beider im W
 sich keineswegs verkennen. Das von STURM bes
 mometer nämlich, welches er nach DREBEL's A
 te, besteht aus einer Glaskugel A mit einer Gl
 Fig. eine Wassersäule B C in sich enthält. An d
 466. dieser Röhre soll dann nach STURM die größt
 schmelzen werden, und indem beide Kugeln
 sind, so wird die Wassersäule in der Röhre st
 sobald als die Luft in einer der beiden Kugeln
 oder zusammengezogen wird. Weil aber beide
 groß sind, so ist auch der Raum, um welch
 derter Dichtigkeit das Wasser in der Röhre f
 anzuziehen streben, ihrem Inhalte direct propo

Ob eine Erinnerung an dieses Instrumen
 Construction seines Differenzialthermometers f
 unmöglich ausmachen, gewiss aber ist, daß
 gentümlichen Ideengang angiebt, wonach d
Hygrometer und als *Photometer* von ihn
 de. Mit den vorbereitenden Versuchen will er
 schon seit 1797 beschäftigt haben ⁴, indess
 Bekanntmachung dieser beiden frühesten A
 1800. Als Differenzialthermometer und in Be
 Eigenschaft, geringe Grade der Wärme zu m
 Apparat erst mehr bekannt durch die weitv
 LESLIE's über das Verhalten der Wärme ⁵.

chte RUMFORD seine Versuche über Wärmestrahlung bekannt, und beschrieb das hierbei von ihm gebrauchte, höchst empfindliche Luftthermometer, welchem er den Namen *Thermoskop* ¹. Ob er auf die Erfindung desselben durch die Bekanntschaft mit LESLIE's Apparate geleitet sey, wie einige behauptet haben ², läßt sich unmöglich mit Gewißheit ausmitteln, inwiefern liegt die Anwendung empfindlicher Luftthermometer und diejenige Abänderung, welche RUMFORD demselben gegeben hat, so nahe, daß er immerhin von selbst darauf verfallen konnte; dem hat dasselbe nicht so viele Aehnlichkeit mit dem LESLIE'schen Differenzialthermometer, als mit einem nur etwas anders gerichteten sehr empfindlichen Luftthermometer, dessen sich G. SCHMIDT schon früher bediente ³. Obgleich indess alle diese Werkzeuge ihrem Wesen nach dieselben sind, so wird es doch in Gemäßheit des ihnen einmal gegebenen Namens am zweckmäßigsten seyn, LESLIE's *Differenzialthermometer* nach seiner anfänglichen Gestalt mit denjenigen Veränderungen vorläufig zu beschreiben, welche ihm der Erfinder selbst und andere nachher gegeben haben, das RUMFORD'sche *Thermoskop* aber unter diesem seinem eigenthümlichen Namen zu nehmen, und dann zugleich das sehr ähnliche, von G. G. SCHMIDT angegebene damit zu verbinden ⁴.

LESLIE's *Differenzthermometer* besteht nach der ersten Einrichtung desselben ⁵ aus zwei Glaskugeln a und b, beide von möglichst gleichem Inhalte, und zwischen 4 bis 7 Par. Lin. im Durchmesser groß. Diese sind jede an eine Glasröhre geblasen, Fig. 167.

¹ Phil. Trans. 1804. I. 99. Mém. de l'Inst. VI. 71. Vergl. *Thermoskop*.

² Brewster in Edinb. Journ. of Sc. III. 145.

³ Handbuch d. Naturlehre. 1ste Aufl. Giessen 1801. 2te Aufl. 2te Aufl. 1813. p. 319.

⁴ S. *Thermoskop*. Sollte der Name bei dieser Anordnung nicht unterscheiden, so müßten alle unter *Thermometer* oder *Mikrothermometer* oder *Mikrocalorimeter* vereinigt werden.

⁵ LESLIE experimental Enquiry into the Nature and Propagation of heat Lond. 1804. Ann. de Chim. XXXV. 1. Biot Traité IV. 606. Kurzer Bericht von Versuchen und Instrumenten, die sich auf d. Verhalten d. Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Von J. LESLIE Übers. mit Anm. von H. W. BRANDES Leipz. 1823. 8.

Differenzialthermometer.

Die eine, woran die Scale kommt, genau calibriert zu 0,02 oder 0,018 Z. Weite haben muß; die andere etwas weiter gewählt, damit die Flüssigkeit sich leicht hin und her bewegt, ihr genaues Caliber ist nicht erforderlich, da sie um so viel länger seyn, als das horizontale Instrumentes fg beträgt; beide endlich werden an einem Ende etwas konisch erweitert, um bei der Vereinigung einen etwas größeren, zur Regulirung der Flüssigkeit dienenden Raum zu bilden. Die Höhe des Instrumentes von der Basis an beträgt von 3 bis 6 Zoll. Wird dann die Luft in der kürzeren Röhre durch die Wärme der Hand etwas gedehnt, und die Röhre in eine mit Carmin gefärbte Flüssigkeit getaucht, so dringt ein Theil von dieser in die Röhre ein, wenn die Kugel wieder erkaltet, man sucht dann die Flüssigkeit am Ende der Röhre zu entfernen, und schmelzt beide Röhren an der Lampe an einander, wobei an der Stelle ihrer Verbindung bei f eine Erweiterung gebildet wird, welche zur Regulirung des Standes der Flüssigkeit dient. Erst nachdem dieses geschehen ist, wird die Röhre in die gehörige Form gebracht, auf das Fußgestell A befestigt und mit der Scale versehen.

Es läßt sich nicht leugnen, daß diese Verfertigung große Schwierigkeiten hat. Zuerst ist es nicht leicht, Kugeln von ganz gleicher Größe zu verfertigen, welche völligen Genauigkeit mancher Beobachtungen durchaus nöthig ist, außerdem aber lassen sich Röhren, wenn sie vorher benetzt waren, nicht gut zusammenschmelzen, und das Biegen, nachdem schon die Flüssigkeit hineingefüllt ist, zieht nicht selten den Verlust des Instrumentes nach sich. Diese letzteren Schwierigkeiten lassen sich vermeiden, wenn man nach Art der Verfertigung des Rumford'schen Thermoskops das Instrument, ohne Einfüllung der Flüssigkeit verfertigen läßt, wobei aber die Erweiterung bei f in ein wenig Spitze auslaufen muß. Sind demnach beide Kugeln gleichmäßig erwärmt oder einem geringeren äußern Luftdrucke ausgesetzt, so dringt nach dem Erkalten oder durch verminderten Luftdruck eine gewisse Quantität der gefärbten Flüssigkeit durch die Spitze ein, füllt die horizontale Röhre und verleiht ihr lothrecht einen solchen Raum, als der Größe jeder d

1 Kugeln proportional ist, worauf die sehr feine Spitze durch
 das Hineinhalten in die Flamme einer Kerze zugeschmolzen
 wird. Soll indeß der luftgefüllte Raum in beiden Kugeln ganz
 gleich seyn, so läßt sich dieses nach DE BUTT ¹ auf eine ein-
 fache Weise erreichen, wodurch zugleich die ganze Construc-
 tion des Werkzeuges ausnehmend erleichtert wird, wenn man
 dieselbe auf folgende Weise verfertigt. An die calibrierte Ther-
 meteröhre a b wird eine Kugel geblasen, eine andere Röhre Fig. 168.
 c d aber, welche genau so weit ist, daß jene sich willig hin-
 schieben läßt, wird unterhalb f gleichfalls zu einer etwas
 größeren Kugel aufgeblasen, und hierbei zugleich das untere
 Ende so weit verengert, daß die erstere Röhre hier nicht ein-
 tritt. Damit dann der Luftraum in beiden gleich werde, darf
 man nur von der anfänglich jederzeit zu langen Röhre a b ein
 Stück abschneiden, welches vom Boden der Kugel bis an e
 reicht, dann die an a b befindliche Kugel nebst der Röhre bis
 weit, als wohin beim mittleren Stande des Instrumentes die
 Flüssigkeit reichen soll, mit Quecksilber füllen ², dieses wie-
 der ausgießen, die nämliche Quantität in die untere Kugel
 füllen, das abgeschnittene Ende der Röhre hineinsenken,
 und mit dem Finger verschließen, und die Kugel umkehren,
 bei dann die Grenze des Quecksilbers genau die Grenze c d
 zeigt, bis wie weit die untere Kugel mit der Flüssigkeit bei
 der Fertigung des Instrumentes erfüllt werden muß. Nach die-
 ser empirischen, aber sehr genauen Messung wird die untere
 Kugel bis an die bezeichnete Grenze mit Schwefelsäure gefüllt,
 welche durch etwas Carmin roth gefärbt ist, die Röhre a b hin-
 gesenkt, dann das Instrument auf ein Fußgestell so montirt,
 wie die Zeichnung angiebt, und die Mündung der oberen Röhre
 wiederum mit Bleiweiß und guttrocknendem Oelfirnis vermit-

¹ Philos. Trans. of the American philosoph. Soc. Vol. I. New
 York. Brandes zu Leslie's Bericht. p. 53.

² Auch mit Wasser würde dieses geschehen können, allein dann
 müßte die Kugel sorgfältig wieder getrocknet werden. Man bringt
 leicht das Quecksilber leicht durch die enge Röhre in die Kugel,
 wenn man zum Entweichen der Luft ein feines Grashalmchen oder ein
 Pferdehaar in die Röhre schiebt, während man vermittelst eines um-
 gedrehten hohlen Cylinders von Papier das Quecksilber in die Röhre
 lassen läßt.

telat eines Malerpinsels bestrichen, bis der enge Raum in beiden Röhren luftdicht verschlossen ist. Man erwärmt die obere Kugel vorsichtig mit der Hand und läßt sie erkalten, worauf etwas von der gefärbten Flüssigkeit in die Röhre aufsteigt, zugleich aber wiederholt man dieses so lange, bis bei gleicher Temperatur beider Kugeln die Flüssigkeit so hoch steht, als anfänglich bei der Messung bestimmt wurde.

Das LESLIE'sche Differenzialthermometer ist eigentl. dazu bestimmt, kleine Unterschiede der Temperatur, auf die eine oder die andere der beiden Kugeln wirken zeigen, ohne dafs zunächst eine eigentliche thermometrische Messung verlangt wird. Indefs kann man auch die letztere auf eine leichte Weise erhalten. So lange nämlich die Luft in den Kugeln auf gleiche Weise erwärmt ist, hat diese die gleiche Elasticität, drückt demnach mit gleicher Stärke die Flüssigkeit, und diese wird also in Ruhe bleiben; eine ungleiche Erwärmung der Kugeln wird aber eine Bewegung derselben veranlassen, und wegen der grofsen und leicht dehnbarkeit der Luft durch Wärme werden die geringsten Veränderungen auf diese Weise sichtbar werden. Inzwischen kann sich der Unterschied der Wärme beider Kugeln auch durch ein absolutes Mafs ausdrücken, so dafs also das bisher als *thermoskopisches* Werkzeug betrachtete zum *thermometrischen* wird. Zu diesem Ende bringt man nach LESLIE beide Kugeln auf ganz gleiche Temperatur, und bezeichnet den Stand der Flüssigkeit, welchen sie dann einnimmt, mit 0, erhöht oder vermindert die Temperatur der einen Kugel allein um t C., bemerkt den Stand der Flüssigkeit in der Röhre und den Raum vom vorher beobachteten Nullpunkte an abgemessene gleiche Theile, verfertigt hiernach eine Scale und erhält ein Thermometer, welches Zehntel von Centesimalgraden giebt, oder den Raum zwischen den festen Punkten eines gewöhnlichen Thermometer in 1000 Theile getheilt enthält. Uebrigens ist es nicht eben leicht, eine solche Scale mit der erforderlichen Genauigkeit zu erhalten. Hat das Werkzeug die Form, welche STURM und BUTT vorgeschlagen haben, so kann man die untere Kugel in Wasser senken, welches um 10° C. wärmer oder kälter ist, als die äufsere Umgebung und somit

obere Kugel; allein auch dieses Verfahren bietet keine vollkommene Sicherheit dar, indem die Temperatur der Umgebung in der Nähe eines Gefäßes mit Wasser, welches um 10° C. wärmer oder kälter ist, leicht ändert. Am sichersten wird es seyn, beide Röhren des Leslie'schen Differenzialthermometers mit einem durchbohrten und dann durchschnittenen Kork zu umgeben, auf diesen ein gläsernes Gefäß mit durchbohrtem Boden, welcher die Kugeln durchläßt, zu schieben, nöthigen Falls die Fugen des Korkes und Glases mit Bleiöl und Leinölfirnis zu verstopfen, und beide Gefäße mit Wasser zu füllen, welches um 10° C. Wärme differirt. Hiermit ließe sich dann auch der Nullpunct genauer bestimmen, wenn man das Wasser anfangs von ganz gleicher Temperatur nehme. Bei der von BUTT vorgeschlagenen Einrichtung bedarf es eines solchen angegebenen Wasserbehälters bloß für die obere Kugel, indem man die untere in ein freies Gefäß mit Wasser senken kann.

LESLIE wählte zur gefärbten Flüssigkeit anfangs eine Alkalilösung mit Carmin gefärbt, und damit diese durch den Sauerstoffgehalt der eingeschlossenen Luft nicht verändert würde, füllte er die Kugeln und Röhren vorher mit Wasserstoffgas. Dieses Verfahren ist beschwerlich, und er zog deswegen später die Schwefelsäure mit etwas Carmin gefärbt vor, welche noch außerdem den Vortheil gewährt, daß sie der Luft aus den Kugeln ihre Feuchtigkeit entzieht, und hierdurch den Sauerstoff derselben aufhebt. HOWARD in Baltimore wählt dagegen Weingeist mit etwas Cochenille gefärbt, giebt dem Werkzeuge größere Kugeln, und diejenige Gestalt, welche aus der Figur an sich deutlich ist. Der Weingeist wird durch die Spitze Fig. 169. der oberen Kugel eingebracht, dann läßt man ihn im Instrumente selbst sieden, um alle Luft auszutreiben, worauf die Röhre an der Lampe zugeschmolzen wird². Weil indess hierdurch nach seiner Meinung stets etwas Luft zurückbleibt, so soll zuvor jeder Beobachtung den gesammten Weingeist in eine Röhre laufen lassen, das Residuum der Luft dadurch in den

¹ Nicholson's Journ. of. Nat. Phil. III. 461.

² Ueber das hierbei zu beobachtende Verfahren vergl. Pulszky.

offenen Raum bringen, dann bei vorsichtiger Vermeidung Temperaturunterschiedes das Instrument hinstellen, und Nullpunkt von demjenigen Stande an rechnen, welche Weingeistsäule dann hat. Die Verfertigung der Scale geschehnächst auf die oben angezeigte Weise ¹. Dafs die als thermoskopische Substanz dienenden Weingeistdämpfe empfindlicher gegen die Einwirkungen der Wärme sind, trockne Luft in LESLIE's Instrumente, insbesondere die Kugeln des Apparates merklich gröfser gemacht werden, keinen Zweifel, auch versichern die Herausgeber der *theque universelle*, seine Empfindlichkeit als *Aethroskop* und als *Photometer* auferordentlich grofs gefunden zu haben. LESLIE gesteht selbst die gröfsere Empfindlichkeit Weingeistdämpfe zu, und die Beschreibung des Thermometers wird ergeben, dafs man mit diesem, auf ähnliche Weise construirten, Werkzeuge wohl ohne Zweifel bis auf jezt Réaumur'schen Grades die Temperaturen zu messen in der That ist; allein dennoch giebt LESLIE der gefärbten Schwefelsäure den Vorzug, weil sein Apparat hiermit regelmäfsiger in seinen Angaben wird. Auferdem hat er Versuche belehrt, dafs man bei der Wahl des Weingeistes zu grofse Quantitäten dieser Flüssigkeit nehmen darf, sonst wegen der verhältnismäfsig gröfseren Wärme desselben die Apparate weniger empfindlich werden, und man trockene Luft und eine, blofs in der Glasröhre befindliche kurze Säule der gefärbten Schwefelsäure wählt. Soll der Apparat als photometrisches Thermometer dienen, so nach der Angabe der Herausgeber der *Bibliothèque universelle* die obere Kugel mit schwarzer Tusche stark überzogen, die untere aber mit Goldschaum überklebt und mit einem dünnen von mattgeschliffenem Glase überdeckt. Eine genäherte Flamme soll dann eine ihrer Lichtstärke proportionale Wärme in der geschwärzten Kugel entbinden, worüber keine genauere und entscheidende Versuche mitgetheilt.

LESLIE hat übrigens sein Instrument gleichfalls als *Aethroskop* gebraucht, wobei er die obere Kugel so genau mit

¹ Journal of the Royal Instit. 1820. Jan. Bibl. univ. XIII

² Vergl. *Aethroskop* T. I. p. 279.

d überzieht, daß sie überall eine glänzende metallene Oberfläche darbietet, von welcher die Wärmestrahlen einer leuchten oder dunkeln Wärmequelle zurückgeworfen werden, während sie die freie Glaskugel, oder noch besser die mit einer oder einer beliebigen nicht glänzenden Farbe überzogene

durchdringen und die darin enthaltene Luft ausdehnen.

Das Differenzthermometer aber als *Photometer* dienen, bleibt die eine Kugel von durchsichtigem Glase unverändert,

andere aber wird mit schwarzer Tusche dick überzogen,

oder von tief schwarzem Email geblasen, welches LESLIE für

er hält, wahrscheinlich aber mit Unrecht, insofern das

Glaskugel stets etwas Glanz beibehält, und somit einen Theil des

Wärmestrahles zurückwirft. Diesen zu photometrischen Messungen

benutzten Differenz-Thermometern giebt LESLIE eine zweie-

ge Gestalt, indem er sie entweder etwas kleiner und trans- Fig.

vers macht, wobei die geschwärzte Kugel sich lothrecht^{170.}

in der durchsichtigen befindet, und die Röhre an derselben

etwas krumm gebogen ist, um beide Kugeln in eine verti-

kale Lage über einander zu bringen; oder etwas größer und für Fig.

Transport nicht eingerichtet, die beiden Kugeln in einer^{171.}

horizontalen Ebene und oben etwas aus einander gebogen. Ueber

dem wird eine Glasglocke gesetzt, welche auf dem Fußgestelle

steht, und bei dem zweiten aus einem Cylinder mit einer wei-

ßen Kugel besteht, wovon ersterer von unten auf das Instru-

ment geschoben wird, ehe es auf seinem Fußgestelle feststeht,

um aber die divergirenden Kugeln aufzunehmen bestimmt

zu sein. Eine solche Hülle dient dazu, um den Einfluß einer un-

regelmäßigen Erwärmung der Luft auszuschließen, und die Wir-

kung des Lichtes allein zu haben¹. Endlich dient das Diffe-

renzthermometer auch als *Hygrometer*, indem man die eine

Kugel desselben mit Cambrai oder einem sonstigen leichten Zeu-

gen überzieht, dieses benetzt, und aus der größeren oder ge-

ringeren Temperaturverminderung derselben, als Folge der

größeren oder schwächeren Verdunstung, auf den dieser letz-

tere umgekehrt proportionalen hygrometrischen Zustand der

¹ Auf einem ganz gleichen Grunde beruht auch das Photometer,

was W. Ritchie in Phil. Trans. 1825. I. p. 141. bekannt gemacht

ist. Vergl. *Photometer*.

Papin's Digestor, Papinischer Töpfer, papinische Maschine; *Digestor Papiniani seu papiniana*; Marmite de Papin; digestor.

Der Vorschlag, Knochen, Hirschhorn, Fisch in verschlossenen Töpfen vermittelst des über dem heißen Wassers zu erweichen, ist vermuthlich zuerst BOYLE gethan ¹, von DIONYSIUS PAPINUS aber mit Verfolgung, und letzterer hat auch den nach ihm be- angegeben, worin dieses am bequemsten geschähe. Wegen der unvermeidlichen Gefahr des Zerplatzens der Töpfe durch die Gewalt der Dämpfe, wie PAPINUS aus seinen Versuchen erfahren haben soll, wurde der Gedanke weniger beachtet; indess veranlaßte dieses den PAPINUS 1682, das zur Sicherung hiergegen erfundene Ventil zu erfinden, welches später bei allen Dampfapparaten angewandt worden ist.

Seit der Zeit jener Bekanntmachung durch PAPINUS ist dieser Apparat nie gänzlich vergessen und von Zeit zu Zeit Vorschläge zur Verbesserung und weiteren Benutzung gemacht worden. Die ersten dieser Art sind vom ERSHED

¹ *Experim. novorum physico-mechan. continuatione* 1689 4. n. 198.

Id darauf gab HUBIN an, man solle zur gröfseren Reinlichkeit der bereiteten Speisen in den kupfernen Topf einen andern innen setzen ¹, zu ökonomischen Zwecken wurde derselbe er empfohlen durch CLAYTON ², WILKE ³ u. a. Vorzüglich t man denselben viel in Holland zur Bereitung der sogenannten Bouillontafeln gebraucht, ohne dafs jedoch seine Anwendung im eigentlichen Sinne gemein geworden ist. Zum ökonomischen und pharmaceutischen Gebrauche ist er empfohlen durch SANGIORGIO ⁴.

Indem der ganze Apparat auf dem Grundsatze beruhet, d die Hitze des Wassers ins Unbestimmte wachsen kann, so d den Dämpfen jeder Ausweg verschlossen ist, und daher in dieser gebundene Wärme nicht entweicht, so hat man der Construction desselben blofs auf die beiden Stücke zu achten, zuerst dafs der Digestor hinlänglich dicht verschlossen r, um keinen Dampf entweichen zu lassen, und zweitens d hiermit eine hinlängliche Stärke der Wandungen verbunden werde, um gegen die gefährlichen Folgen des Zerspringens sichert zu seyn. Eine dieses beides berücksichtigende, im enzen sehr zweckmäfsige Construction des Digestors hat J. H. BELER ⁵ ausführen lassen, und einige interessante Versuche mit angestellt. PAPIN's Digestor bestand nämlich ursprünglich blofs aus einem kupfernen Topfe mit fest aufgeschrobenem Deckel und zwischenliegendem Leder zum dampfdichten Schließen. Nach einigen Erfahrungen des Zerspringens brachte er zur Sicherheit das Ventil an. ZIEGLER behielt diese Einrichtung bei, gab aber seinem Topfe eine gröfsere Festigkeit durch angelegte starke eiserne Bänder. Die späteren vorgeschlagenen, und zum Theil auch ausgeführten, Verbesserungen desselben bezweckten vorzüglich seine Anwendbarkeit für den

¹ Mém. de l'Ac. I. 208.

² Phil. Trans. 1739. N. 454.

³ Schwed. Abh. 1773. Vergl. Mémoire sur l'usage économique du Digesteur de Papin. à Clermont. Ferrand 1761. 8.

⁴ P. Sangiorgio chemische und pharmaceutische cet. Abhandl. heraus. von Dr. A. Schmidt. Leipz. 1797. N. 12.

⁵ Specimen physico-chemicum de Digestore Papini cet. Basil. 1769. 4.

Tab. II.

wenig oder überhaupt kaum in Gebrauch gekommen findet sich hauptsächlich nur als Modell in den p^l Cabinetten. Die Ursache hiervon ist nicht weit. Einestheils ist nämlich die Anschaffung eines solchen Digestors das Materials wegen und wegen des mühschleifens nicht sowohl des Ventiles als hauptsächlich kels zur Vermeidung des in vieler Hinsicht nicht gen Zwischenleders sehr kostbar, anderntheils m eine etwas sachverständige Person die Handhabu übernehmen, weil gemeine Köchinnen durch das des Ventils und das geräuschvolle Entweichen des schreckt werden, die Sorgfalt abgerechnet, wom und der aufgeschliffene Deckel behandelt werden m das dampfdichte Schließen bleibend erhalten werde lich aber ist man auch hierdurch nicht gegen mö Gefahren gesichert, wie aus dem Zerspringen eines gestors in Berlin ² sattsam hervorgeht. Daß ders unter geeigneter Bedingung vortheilhaft angewa könne, beweiset die ausgedehnte Suppenanstalt in A ein großer eiserner Digestor zu diesem Zwecke mit Erfolge benutzt wird ³, auch hat PLEISCH ⁴ vollkommen wenn er denselben für das Hospitium auf dem s

apfiehlt, wo des geringen Luftdruckes wegen das Wasser die wöhnliche Siedehitze nicht erreichen kann.

Soll der Bau und die Benutzung des Papinischen Digestors Allgemeinen untersucht werden, so muß man den physikalisch wissenschaftlichen Zweck von dem ökonomischen und technischen wohl unterscheiden. Hinsichtlich des wissenschaftlichen Zweckes ist es nicht zu bezweifeln, daß die Untersuchung der Dämpfe, ihrer Elasticität, Dichtigkeit und aufenden Kraft von großer Wichtigkeit sey. Insbesondere hinsichtlich des Letzteren verdient der Digestor vorzügliche Aufmerksamkeit. Es ist nämlich hinlänglich erwiesen, wie sehr die auflösende Kraft namentlich des Wassers durch erhöhte Temperatur wächst, und vor allen Dingen scheinen die starken Auflösungen des Sinters durch die Wasser der heißen Quellen darauf zu führen, daß selbst auch verschiedene Mineralien in erhitztem Wasser viel stärker aufgelöst werden als in kaltem, welches nicht über die Siedehitze bei gewöhnlichem atmosphärischen Drucke hinauskommt. Indem nun so manche Fossilien in einem tropfbar flüssigen Mittel krystallisirt zu seyn kommen, es aber noch nicht ausgemacht ist, wie hoch die Temperatur des Erdballs und wie stark der Druck der Atmosphäre früher gewesen seyn mag, so wäre es in geognostischer Hinsicht rücksichtlich dieser Fossilien und wissenschaftlich in Beziehung auf alle Körper sehr interessant, ihre Auflöslichkeit in Wasser von höherer Temperatur bestinmt zu kennen, und diese Versuche hierüber würden eben so interessant als nützlich seyn. Für solche Zwecke hat EDELKRANZ¹ einen Digestor angegeben, welcher aus einem Kessel von starkem Kupfer besteht. Der obere durchschnittene Theil zeigt den Mechanismus des Verschließens, welcher darin besteht, daß auf dem oberen Rand des eigentlichen Topfes das massive Deckelstück b, b hart aufgelöthet und mit Schrauben befestigt ist. In dem befindet sich das von unten nach oben konisch zulaufende Stück v, v, in welches der eigentliche Deckel a a von unten auf eingeschliffen durch den Druck des Dampfes sich einsetzt, um das Festschrauben desselben zu entbehren. An die-

Fig.
172.

¹ G. XXII. 129. Gehlen N. J. II. 616. IV. 317.

sem Stücke befindet sich die Handhabe *f*, um den Deckel im Anfange anzuziehen und vermittelst eines durchgesteckten Rostes zu befestigen, dann das eiserne Gefäß *o* mit Quecksilber, in welches das Thermometer *p* gesenkt wird, um vermittelst desselben die Temperatur im Innern des Topfes zu messen, und das sinnreich ausgedachte Sicherheitsventil, d. l. Letztteres besteht aus einer ausgeschliffenen cylindrischen Röhre, worin sich der metallene Embolus *e* mit der Stange *h* i dampfdicht bewegt. Auf einem Absatze dieser Stange *g* *s* ruhen die mehr oder weniger zahlreichen Auflegegewichte *m*, *m*, *m* . . ., welche den Embolus niederdrücken, bis die Gewalt der Dämpfe hebt, und letztere durch die in der Röhre befindlichen feinen Löcher *p* *q* entweichen, wovon eine der Spannung des Dampfes proportionale Menge durch das höhere Aufheben des Embolus geöffnet wird. Endlich ist *c* *k* ein durchlöcherteres federtes Blech, welches über den unteren hervorstehenden Rand der Röhre geschoben wird.

So sinnreich dieser Apparat auch ausgedacht ist, so hat er doch wesentliche Fehler. Zuvörderst ist das Ventil sehr zusammengesetzt, hat eine große Fläche, muß daher mit vielen Gewichten unnöthig beschwert werden, und dabei ist es fraglich, ob bei aller Sorgfalt der Verfertigung die ungleiche Ausdehnung verschiedener Stücke Metall das genaue Schließen mit hinlänglicher Beweglichkeit vereinigen läßt. Dann soll vor der Verfertigung der Deckel und das Randstück *v* *v* gegeneinander geschliffen werden; allein da die Hitze der Dämpfe keine andere, als die harte Löthung zuläßt, diese aber im heftigem Feuer geschehen kann, so wird die aufgeschliffene Fläche hierdurch auch rücksichtlich auf das Verziehen des Metalles ihre erforderliche Genauigkeit verlieren. Eine große Unbequemlichkeit liegt ferner darin, daß der Deckel nicht vom Topfe genommen werden kann, welches der Erfinder nachher dadurch zu vermeiden suchte, daß er vorschlug, den Deckel oval zu machen, allein es ist bekannt, daß eine solche als eine kreisrunde Fläche nicht aufgeschliffen werden kann. Endlich aber ist der Topf, bloß von Kupfer verfertigt, da die allerdings große Cohäsion dieses Metalles keineswegs hinlänglich gesichert, wenn man berücksichtigt, daß die Elasticität des Dampfes bei 200° R. schon über 32 Atmosphären

eigt, sein Druck also mehr als 64000 Z gegen eine Fläche in einem Pariser Quadratfuß beträgt.

Bei einigen nach meiner Angabe verfertigten Digestoren¹ n ich daher mit wenigen Abänderungen wieder zu ZIEGLER's Instruction zurückgekehrt. Der Topf selbst besteht aus ge-
 liebenem, eine Linie dickem Kupfer, dessen oberer Rand in^{Fig. 173.}
 nen massiven, 2,5 Lin. dicken messingnen Ring eingefalzt
 id hart gelöthet ist. Um denselben gehen zwei eiserne 0,25
 dicke und 0,75 Z. breite eiserne Bänder n, n, welche unten
 n Boden, da wo sie sich durchkreuzen, zur Hälfte eingeschnit-
 n und so in einander gelegt sind. Die oberen Enden dieser
 nder reichen bis unter den massiven Ring, sind dort recht-
 inklich umbogen und jeder ist mit einem nach unten her-
 rstehenden Zapfen versehen, um welchen die vier Klammern
 b, b, b sich drehen lassen, welche über den Deckel A ge-
 hoben, diesen mittelst der Schrauben c, c, c, c fest an-
 ücken. Außerdem gehen um den Topf die eisernen Reifen
 m, m 0,75 Z. breit und 0,5 Z. dick, welche für die
 en genannten Bänder eingeschnitten sind, so daß sie das
 upfer an allen übrigen Stellen unmittelbar berühren, welches
 sters nach dem Verfertigen des Ganzen von Innen etwas her-
 getrieben wird, damit die Reifen nicht herabfallen, und al-
 genauer verbunden ist. Der messingne Deckel A ist gleich-
 2,5 Lin. dick, und weil das Aufschleifen von zwei so
 ssen Flächen fast unmöglich ist, so ist der obere Ring stumpf
 isch nach unten ausgedreht, der Deckel aber hat einen,
 e genau hier hineinpassenden ringförmigen Vorsprung, wel-
 mit feinem, langfasrigem, durch etwas Unschlitt geschmei-
 gemachtem Hanfe umwunden, und dann mit Gewalt auf-
 refst wird, wodurch der Hanf sich in eine undurchdringlich
 te Masse verwandelt, durch etwaiges Eindringen des Damp-
 s ohnehin quillt, und so jedes Entweichen desselben bei ge-
 iger Vorsicht unmöglich macht. Dieses Mittel ist dann,
 m man ein dampfdichtes Schließen erhalten will, sicher
 e beste, gestattet aber die Hitze nicht weiter zu treiben als
 zum Verkohlen des Hanfes, wodurch man indess über 250°
 also bis zu einem Drucke von 37 Atmosphären kommen

¹ Schweigg. J. XXII. 208.

kann, über welche Grenze hinaus die Versuche überhaupt schwierig und unsicher werden. Ein eisernes, mit Messing ausgelegenes, und in den Deckel beim Guss hineingefügter Glasschloß *p* enthält etwas Quecksilber, um das Thermometer *r* einzusetzen und die Temperatur zu messen, welches alles, so wie das Ventil *q* mit seinem Hebelarme *ll* und dem angehängten Gewichte *v*, aus der Figur deutlich wird. Rücksichtlich des Ventils scheint mir ein kleines, etwa 0,8 Lin. weites Schälchen, oben flach und mit einer kleinen, genau aufgemessenen Stahlplatte bedeckt, unter allen die meiste Sicherheit zu geben, obgleich das vollkommene Schließen des Ventils größten Schwierigkeiten verursacht. Endlich ist inwendig auf dem Rande des konischen Ringes ruhendes Sieb von Kupferblech mit feinen Löchern angebracht, welches sich leicht ausnehmen läßt, und in welches diejenigen Substanzen gegeben werden können, welche man der Einwirkung der heißen Dämpfe aussetzen will, ohne sie unmittelbar in die Flüssigkeit zu werfen.

Soll der Digestor zu ökonomischen und technischen Zwecken benutzt werden, so giebt rücksichtlich der Form die individuelle Bestimmung die zu beobachtenden Bedingungen von selbst an. So läßt sich derselbe gewiß zur Bereitung von Firnissen, namentlich geistigen, für welche die harzigen Stoffe in Weingeist oder Terpentinspiritibus aufzulösen sind, mit großem Vortheil anwenden, und da hierbei die Quantitäten nicht so bedeutend groß sind; die Bereitung selbst aber durch einen Sachverständigen geschehen muß, so kann ein den Erfordernissen angemessener Apparat nach der so eben mitgetheilten Beschreibung leicht verfertigt und gehandhabt werden.

Rücksichtlich des ökonomischen Gebrauchs des Proust'schen Digestors ist oben schon gesagt, daß ein so zusammengesetzter, kostbarer und vorsichtig zu manipulirender Apparat nicht geeignet ist, als Küchengeschirr in den Haushaltung aufgenommen zu werden. Außerdem hat PROUST durch seine Versuche gezeigt, daß man die Knochen nur zu zerkleinern zu zerstampfen nöthig hat, um auf die gewöhnliche Weise die Gelatina und das Fett daraus zu gewinnen¹. Allein die

¹ G. XXII. 167. Diese Methode wird meistens dem CADET

erstampften und zermahlenen Knochen gewonnene Gelatina erhält einen unangenehmen Geschmack, und wird zu sehr mit seinen Knochentheilen, auch ihrer Gelatina beraubten, also erzeugen, Substanzen gemengt. Außerdem aber muß man den großen Aufwand von Brennmaterial berücksichtigen, welchen ein sechstündiges Kochen nach Proust erfordert. Um über den Bedarf an Brennmaterial und den Vortheil besser urtheilen zu können, welchen der Digestor gewährt, habe ich verschiedene Male vergleichende Versuche angestellt. Zuerst wurde eine gleiche Menge reiner Rindsknochen in einem irdenen, mit einem gewöhnlichen Deckel verschlossenen Topfe 3,5 Stunden, und im Digestor 1,5 Stunde, die letzte Hälfte der Zeit über gleichem Feuer und bei einer Temperatur von 100° bis höchstens 110° R. gekocht, worauf ich aus der letzteren Menge ungefähr zweimal so viel Bouillon von gleicher Stärke und nahe 2,5 mal so viel Fett erhielt, als aus der ersteren, ohne daß die Knochen gänzlich extrahirt waren, indem sonst der Bouillon leicht einen unangenehmen Geschmack erhielt. Brachte ich dann die in gewöhnlichen Topfe gekochten Knochen abermals in den Digestor, und verfuhr auf gleiche Weise, so erhielt ich noch als eine gleiche Quantität Bouillon und fast doppelt so viel Fett, als vorher aus ihnen gewonnen war, welche Resultate so genau mit einander übereinstimmten. Das Feuer unter dem gewöhnlichen Topfe wurde zwar vorsichtig regiert, allein dennoch stieg die erforderliche Menge Brennmaterial nahe auf das Fünffache dessen, was der Digestor erforderte. Wenn man nun berücksichtigt, daß in der angegebenen Zeit das anfänglich aufgegossene Wasser fast gänzlich verdampfte und durch hinzugegossenes ersetzt wurde, so folgt aus den Gesetzen des latenten Wärmestoffes, daß zu dieser Heizung und Verdampfung 6,4 und zur Erhitzung des zugegossenen Wassers bis zur Siedehitze noch 1 an Brennmaterial erfordert wurde, wenn man von 0° Temperatur ausgeht, als zur Erhebung des Wassers im Digestor bis zur Siedehitze nöthig war. Rechnet man aber auf, daß das Wasser im Digestor bis nahe 110° R. erhitzt

zu zugeschrieben, welcher sie später empfohlen hat. Aehnliche Vorfälle von HAUSMANN S. Einfaches Mittel, die Beköstigung der vor Feinde stehenden Heere u. s. w. zu erleichtern. Gött. 1815. 8.

wurde, so erfordert der gewöhnliche Topf mehr als 5 mal viel Brennmaterial, und wenn man das im Digestor erhaltene Product zu 2 annimmt, so steht der Aufwand, welchen dasselbe an Brennmaterial gegen einen gewöhnlichen Topf in diesem Falle gewährt, im Verhältnisse von 1 : 10, und ist hiernach der zu erhaltende Vortheil keinen Augenblick zu verkennen.

Man hat indess in den neueren Zeiten nach D'ARCEY¹ gefangen, die Knochen ohne Hülfe des Feuers auf chemischen Wege zu zerlegen, um die Gelatina ohne die erdigen Theile zu erhalten, welches im Allgemeinen durch folgendes Verfahren geschieht. Zuerst legt man die gereinigten Knochen in kaustische Kalilauge, um das Fett zu extrahiren, wobei Kali nicht eigentlich verloren wird, indem man das damit gebundene Fett durch Feuer zerstören und dasselbe somit wieder erhalten kann. Hiernach werden die rein gewaschenen Knochen mit vielem Wasser in Tröge, am besten steinerne, gesetzt und wiederholt der Einwirkung von zugegossener Salzsäure ausgesetzt, welche die erdigen Theile auflöst, und mit abgelassenen Wasser abfließt, bis die bloße Gelatina zurück bleibt. Die Beinknochen der Ochsen behalten hierbei ihre Form bei, werden wiederholt mit Wasser gewaschen, Länge nach aufgeschnitten, ganz zuletzt in kochendes Wasser bloß einmal eingetaucht und an der Luft langsam getrocknet, worauf sie sich lange aufheben lassen, und mit Wasser und Salz gekocht einen vortrefflichen Bouillon geben sollen.

Der eigentliche *Papinische Digestor* ist zwar aus den oben angegebenen Gründen in der Oekonomie für den gewöhnlichen Gebrauch nicht geeignet, aber eben so sicher ist die nachgewiesene große Ersparnis von Brennmaterial denselben. Ist nämlich ein dampfdicht verschlossener Topf einmal bis zur Siedehitze erwärmt, so darf nur so viel Wasser stets zugeführt werden, als derselbe an die umgebende Luft giebt, welche Menge sehr geringe ist. Außerdem aber läßt sich die Temperatur leicht einige Grade über den Siedepunkt erhöhen, und dadurch ohne den nachtheiligen Einfluß e

¹ Ann. de Chim. XCII. 300. Schweigg. J. XIII. 349.

starken Hitze ein schnelleres Erweichen der Speisen erlan-

Es ist daher in der That zu verwundern, daß man in den industriösen Zeiten eine in England sehr gemeine Art einer Digestoren nicht allgemeiner eingeführt hat, welche leicht zu behandeln, gefahrlos und obendrein nicht kostbar ist, da man sich doch der für die Gesundheit unschädlichen, leicht durch Färbung der Speisen zuweilen etwas unangenehmen, eisernen Kochgeschirre so häufig bedient. Sie bestehen aus einem gewöhnlichen eisernen Topfe A, von beliebiger Form Fig. 174. Gröfse, mit einem nach Ausen etwas umgebogenen Rande, welchen der Deckel mit seinem vorstehenden Ringe $\gamma\gamma$ einschliessen ist. Der Rand des Deckels trägt zwei einander diametral gegenüber stehende, hier im Durchschnitte angedeutete, nach aufgebogene Arme α, α , unter welche die nach dem Einsteifen auf dem Deckel befestigten Vorsprünge β, β sich beim Umdrehen des Deckels um seine Axe festklemmen, und auf diese Weise den Deckel andrücken, welcher ohnehin durch sein eigenes Gewicht schon festliegt, und durch eine leichte Bewegung in die erforderliche Lage gebracht und so befestigt werden kann. Der Deckel ist in der Mitte etwas dicker, hat selbst die stark konische Oeffnung und das eingeschliffene Ventil δ , mit dem Stiele λ , welcher durch die Handhabe so gesteckt ist, daß das Ventil sich zwar heben, aber nicht ausfallen kann. Wird ein solcher Topf auf die gewöhnliche Weise zum Kochen benutzt, und das Wasser in demselben nur einige Grade über die Siedehitze erwärmt, so werfen die Dämpfe das Ventil in die Höhe, und je öfter dieses geschieht, desto mehr muß man das Feuer unter demselben mäßigen, welches die einzige dabei zu beobachtende Regel ist. M.

Dioptrik.

dioptrica; dioptrique; *dioptrik*; ist derjenige Theil der Lehre vom Lichte, welcher den *Durchgang des Lichtes durch durchsichtige Körper* betrifft.

Wenn der Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Körper, in einer Richtung gegen die Oberfläche, in einen andern übertritt, so wird er gebrochen, und die Untersuchung über die Gesetze dieser Brechung im Allgemeinen, und die Gröfse der-

selben bei einzelnen Körpern, macht daher einen Haupttheil der Dioptrik aus. An diese Lehre schließt sich die Untersuchung über die Brechung in Körpern von gegebener Gestalt, die Brechung in Linsengläsern einen vorzüglichen Platz, da auf ihr die Kenntniss von dem Bau des Auges, Nutzen der Brillen, der einfachen Vergrößerungsgläser beruht. Aus der richtigen Verbindung mehrerer solcher Gläser entstehen die Fernröhre und Mikroskope, deren Anweisung die Dioptrik lehrt. Sie handelt ferner von der Ungleichheit der verschiedenen Farbenstrahlen, der Brechung des Lichtes in der Atmosphäre; und die Erklärung mancher optischen Erscheinungen, des Regenbogens, der Luftspiegelung u. s. w. gehen von ihr ab. Auch die Lehre von der Biegung des Lichtes pflegt man hieher zu rechnen.

Ganz unbekannt waren auch die Alten nicht diese Lehren, indem sich in PROLEMARUS OPTIK² Versuche über die Brechung des Lichtes finden. Etwas mehr vervollständigte ALHAZEN und VITELLIO (im 12ten und 13ten Jahrh. v. Chr.) diese Wissenschaft³, indem sie diese Versuche über die Brechung der Lichtstrahlen bei verschiedenen Körpern vermehrten. Dennoch war an eine theoretische Entdeckung der Gründe, warum Gläser von gewissen Formen dem Fernsichtigen das Sehen erleichtern, noch nicht gedacht, als um das Ende des 13ten Jahrhunderts die Brillen erfunden wurden. Auch MAUROLYCUS⁴ und PORTA (der die camera obscura)⁵ brachten die Wissenschaft nicht weiter, wenn gleich der MAUROLYCUS Betrachtungen über die Brechung in Kugeln u. s. w. immer recht schätzbar

KEPLER'S⁶ Bemühungen waren auch dieser Wissenschaft von großem Nutzen. Er untersuchte die Brechung des Lichtes und fand eine Regel dafür, die zwar noch von der

¹ Vergl. Art. *Brechung*.

² Ihre Schriften stehen in RISNERI thesaurus opticae. Bas.

³ De lumine et umbra. Venet. 1575.

⁴ Magiae naturalis Libri IV. Neap. 1558.

⁵ Paralipomena ad Vitellionem Francof. 1604. und Dioptica demonstratio eorum, quae visui et visibilibus propter conspicuntur. Aug. Vind. 1611.

sich, aber doch derselben nahe genug kam, um den Bau Auges und die Wirkungen der Fernröhre richtig zu erklären. Von ihm rührt auch der Name *Dioptrik* her, neben welchem doch auch der Name *Anaklastik* von vielen gedacht worden ist. Zu seiner zweiten Schrift hatte die Entdeckung der Fernröhre Veranlassung gegeben, um deren Vervollkommnung KEPLER sich bedeutende Verdienste erwarb.

Die Entdeckung des wahren Gesetzes der Brechung durch **WILHELM BROWNIUS**¹, welches **CARTESIUS** zuerst bekannt machte², und weitere Untersuchungen darauf gründete, machte es endlich möglich, die dioptrischen Untersuchungen mit geometrischer Genauigkeit fortzuführen, und Folgerungen, die mit der Natur übereinstimmend waren, und Nutzen in der Anwendung gewährten, auf zu gründen. **HUYGENS**³ gab hiervon ein schönes Beispiel; er bestimmte die Erscheinungen, die sich durch eine Linse und durch mehrere Linsen darstellen müssen, gab die vortheilhafte Anordnung der Fernröhre genauer an u. s. w.

Auch **GREGORY**⁴ und **BARROW**⁵ trugen durch ihre Schrift zur Vervollkommnung dieser Wissenschaft bei, und **KIRCH**⁶, **SCHOTT**⁷ **ZAHN**⁸ die sich mit Verbesserung der optischen Instrumente beschäftigten, verdienen gleichfalls als Beförderer der Wissenschaft genannt zu werden. Doch verdient von **HUYGENS** noch besonders angeführt zu werden, daß er die Untersuchungen über die doppelte Brechung des Kalkspaths durch seinen Fleiß im Beobachten und seinen Scharfsinn im Erklären weit forderte, daß fast ein ganzes Jahrhundert verfloss, ehe diese Lehre durch neue bedeutende Erweiterungen vervollständigt wurde.

Die Lehre von den Farben war in dieser ganzen Zeit noch nicht als der Dioptrik angehörend behandelt worden; denn ob-

¹ Vergl. Art. *Brechung*.

² Cartesii dioptrica.

³ Hugonii dioptrica in s. opp. posth. Lugd. Batav. 1703.

⁴ Elem. catoptrices et dioptrices. Oxon. 1695.

⁵ Lectiones opticae. Lond. 1674.

⁶ Ars magna lucis et umbrae. Romae 1646.

⁷ Magica universalis Pars. I. Optica. Francof. 1657.

⁸ Zahn oculus artificialis teledioptricus. Herbipoli. 1685.

gleich man vieles über die Farben geschrieben hatte¹, man sie doch meistens nur als eine Mischung von Licht und Schatten, welches doch eigentlich heisst, von Licht und Finsternis, angesehen, und diese, keiner deutlichen Entwerfungs fähige Vorstellung konnte keine geometrische Betrachtung bieten. Newton² entdeckte zuerst die ungleiche Brechung der farbigen Strahlen und die Zerstreung, welcher das Licht bei der Brechung unterworfen ist, indem aus dem Lichtstrahle farbige Strahlen, jeder anders als der andern hervorgehen. Diese verschiedene Brechbarkeit eines reichen Gegenstand zu weitem Untersuchungen zeigte den Grund, warum die Gegenstände im Fernrohr erschienen, und setzte in Stand, die einer jeden Farbrige Lage des Brennpuncts bei Linsengläsern zu berechnen, dadurch aber auch zu bestimmen, dass hieraus eine durch Abweichung von der Kugelform zu hebende Undeutlichkeit des Bildes im Fernrohr entstehen müsste. Diese Ueberzeugung (nachher als irrig erkannte) Meinung NEWTONS, dass Gläser aus verschiedenartigen Materien zusammengesetzt die Farbenzerstreuung nie heben könnten, veranlasste ihn, hoffte grössere Vervollkommenung der dioptrischen Fernrohre als ganz unmöglich anzusehen, und daher die Spiegel zu empfehlen. Diese Meinung blieb lange geltend, da allerdings vielleicht geblendet durch NEWTONS Autorität überlegte, dass die Versuche, wodurch die Unmöglichkeit mittelst zusammengesetzter Gläser farbenlose Bilder zu erwiesen seyn sollte, viel zu unvollkommen wären. gab zuerst den Gedanken von der Möglichkeit farbenloser Fernrohre an, und DOLLOPP verfertigte⁴ sie wirklich. Die Verbesserung, welche dadurch die Fernröhre erhielten, ist und da die Hindernisse, welche in der Unvollkommenheit der Glasarten lagen, nach und nach immer vollständiger beseitigt werden, so dürfen wir hoffen, dass die grosse En-

¹ worüber v. GÖRRES's Farbenlehre kann nachgesehen werden.

² Optice s. de reflexionibus, refractionibus et coloribus. Sam. Clarke. Laus. et Genovae 1740. 4.

³ Mém. de l'acad. de Berlin. 1747. S. 274.

⁴ S. Art. Fernrohr; achromatische Fernröhre.

achromatischen Fernröhre noch immer neue und gröfsere Verbesserungen der Instrumente herbeiführen wird. Die un-
 en Fortschritte, welche in den neuesten Zeiten die Kunst,
 e und sehr vollkommene dioptrische Fernröhre zu verfer-
 , durch FRAUENHOFERS Bemühungen gemacht hat¹, läßt
 n, daß wir das höchste Ziel noch nicht erreicht haben,
 daß dieser treffliche Künstler seine, von niemand über-
 men, Fernröhre noch selbst übertreffen wird. Auch die
 en optischen Werkzeuge haben nach und nach große Ver-
 rungen erhalten, die hier nicht im Einzelnen erzählt wer-
 önnen.

Die Darstellung optischer Untersuchungen in analytischer
 ender Form hatte zwar HALLEY² schon zu Bestimmung
 rennweite der Linsengläser angewandt, aber KÄSTNER war
 erste, der eine vollständige Anwendung der analytischen
 rungen auf die Dioptrik lieferte³. CLAIRAUT, d'ALEMBERT
 KLINGENSTIERNA wandten diese Untersuchungen nur auf die
 achromatischen Fernröhre an; L. EULER aber suchte alles, was
 Dioptrik gehört, in Formeln darzustellen, und seine Diop-
 ist unstreitig als theoretische Darstellung sehr schätzens-
 , wenn gleich die Vervollkommenung der Instrumente we-
 arch seine Untersuchungen, noch durch die Untersuchun-
 KLÜGELS⁵ so viel scheint gewonnen zu haben, als der in
 a Werken entwickelte Scharfsinn hoffen ließ.

Mit neuen, großen Entdeckungen wurde die Dioptrik erst
 in neuesten Zeiten wieder bereichert, da die Erweiterun-
 welche die Lehre von der doppelten Brechung erhielt, und
 an sich knüpfende Lehre von der Polarisirung des Lich-
 ganz neue und unerwartete Entdeckungen darboten. MA-
 BIOT, SREBEK, BREWSTER und HERSCHEL haben sich um die
 itierung dieser Lehre am meisten verdient gemacht. Auch

¹ Von einem der vorzüglichsten Fernröhre Frauenhofers giebt
 Nachricht in v. Zach Correspondance astronomique. XII. 282.

² Philos. Transact. for 1693.

³ Smiths Lehrbegriff der Optik, mit Zusätzen von Kästner. Al-
 g. 1755.

⁴ Dioptrica auct. Leonh. Eulero. 8 Vol. 4. Petrop. 1769.

⁵ Klügels analytische Dioptrik. Leipz. 1778. 4.

gleich man vieles über die Farben geschrieben hatte, man sie doch meistens nur als eine Mischung von Schattten, welches doch eigentlich heisst, von Lichtstärken, angesehen, und diese, keiner deutlichen Erfahrungsfähige Vorstellung konnte keine geometrische Betrachter bieten. Newton² entdeckte zuerst die ungleiche Brechbarkeit der farbigen Strahlen und die Zerstreuung, welcher Licht bei der Brechung unterworfen ist, indem aus dem Lichtstrahle farbige Strahlen, jeder anders als der vorhergehende hervorgehen. Diese verschiedene Brechbarkeit eines reichen Gegenstand zu weitem Untersuchungen zeigte den Grund, warum die Gegenstände im Fernrohr erschienen, und setzte in Stand, die einer jeden Farbrichtige Lage des Brennpuncts bei Linsengläsern zu berechnen, dadurch aber auch zu bestimmen, daß hieraus eine durch Abweichung von der Kugelform zu hebende Undeutlichkeit des Bildes im Fernrohr entstehen müsse. Diese Ueberzeugung (nachher als irrig erkannte) Meinung Newtons, daß Gläser aus verschiedenartigen Materialien zusammengesetzt die Farbenzerstreuung nie heben könnten, veranlaßte ihn, hoffte größere Vervollkommnung der dioptrischen Instrumente als ganz unmöglich anzusehen, und daher die Spiegel zu empfehlen. Diese Meinung blieb lange geltend, und allerdings vielleicht geblendet durch Newtons Autorität überlegte, daß die Versuche, wodurch die Unmöglichkeit mittelst zusammengesetzter Gläser farbenlose Bilder zu erwiesen seyn sollte, viel zu unvollkommen wären. Erst gab zuerst den Gedanken von der Möglichkeit farbiger Bilder an, und DOLLOND verfertigte⁴ sie wirklich. Die Verbesserung, welche dadurch die Fernröhre erhielten, ist und da die Hindernisse, welche in der Unvollkommenheit der Glasarten lagen, nach und nach immer vollständiger beseitigt werden, so dürfen wir hoffen, daß die große E

¹ worüber v. Göthe's Farbenlehre kann nachgesehen werden.

² Optice s. de reflexionibus, refractionibus et coloribus. Sam. Clarke. Laus. et Genevae 1740. 4.

³ Mém. de l'acad. de Berlin. 1747. S. 274.

⁴ S. Art. Fernrohr; achromatische Fernröhre.

achromatischen Fernröhre noch immer neue und grössere Verbesserungen der Instrumente herbeiführen wird. Die unermesslichen Fortschritte, welche in den neuesten Zeiten die Kunst, eine sehr vollkommene dioptrische Fernröhre zu verfertigen, durch FRAUENHOFERS Bemühungen gemacht hat¹, läßt uns hoffen, daß wir das höchste Ziel noch nicht erreicht haben, daß dieser treffliche Künstler seine, von niemand überbunden, Fernröhre noch selbst übertreffen wird. Auch die andern optischen Werkzeuge haben nach und nach große Verbesserungen erhalten, die hier nicht im Einzelnen erzählt werden können.

Die Darstellung optischer Untersuchungen in analytischer Form hatte zwar HALLEY² schon zu Bestimmung der Brennweite der Linsengläser angewandt, aber KÄSTNER war der erste, der eine vollständige Anwendung der analytischen Untersuchungen auf die Dioptrik lieferte³. CLAIRAUT, d'ALEMBERT, KLINGENSTIERNA wandten diese Untersuchungen nur auf die achromatischen Fernröhre an; L. EULER aber suchte alles, was zur Dioptrik gehört, in Formeln darzustellen, und seine Dioptrik ist unstreitig als theoretische Darstellung sehr schätzenswert, wenn gleich die Vervollkommenung der Instrumente weitaus mehr durch seine Untersuchungen, noch durch die Untersuchungen von KLÜGELS⁵ so viel scheint gewonnen zu haben, als der in seinen Werken entwickelte Scharfsinn hoffen ließ.

Mit neuen, großen Entdeckungen wurde die Dioptrik erst in den neuesten Zeiten wieder bereichert, da die Erweiterungen, welche die Lehre von der doppelten Brechung erhielt, und daran sich knüpfende Lehre von der Polarisirung des Lichts ganz neue und unerwartete Entdeckungen darboten. MACH, BIOT, SEEBEK, BREWSTER und HERSCHEL haben sich um die Vervollständigung dieser Lehre am meisten verdient gemacht. Auch

Von einem der vorzüglichsten Fernröhre Frauenhofers giebt Nachricht in v. Zach Correspondance astronomique. XII. 282.

Philos. Transact. for 1698.

Smiths Lehrbegriff der Optik, mit Zusätzen von Kästner. Altona. 1755.

Dioptrica auct. Leonh. Eulero. 8 Vol. 4. Petrop. 1769.

Klügels analytische Dioptrik. Leipz. 1778. 4.

gleich man vieles über die Farben geschrieben hatte, man sie doch meistens nur als eine Mischung von Schattten, welches doch eigentlich heisst, von Lichtsternis, angesehen, und diese, keiner deutlichen Entfärbige Vorstellung konnte keine geometrische Betrachtungen. NEWTON¹ entdeckte zuerst die ungleiche Brechbarkeit der farbigen Strahlen und die Zerstreuung, welcher Licht bei der Brechung unterworfen ist, indem aus dem Lichtstrahle farbige Strahlen, jeder anders als der andern hervorgehen. Diese verschiedene Brechbarkeit einen reichen Gegenstand zu weitem Untersuchungen zeigte den Grund, warum die Gegenstände im Fernrohr erschienen, und setzte in Stand, die einer jeden Farbe richtige Lage des Brennpuncts bei Linsengläsern zu berechnen, dadurch aber auch zu bestimmen, dass hieraus eine Abweichung von der Kugelform zu hebende Undeutlichkeit des Bildes im Fernrohr entstehen müsse. Diese Ueberzeugung (nachher als irrig erkannte) Meinung NEWTONS, Gläser aus verschiedenartigen Materialien zusammengesetzt die Farbenzerstreuung nie heben könnten, veranlasste ihn, hoffte grössere Vervollkommenung der dioptrischen Instrumente als ganz unmöglich anzusehen, und daher die Spiegel zu empfehlen. Diese Meinung blieb lange geltend, da allerdings vielleicht geblendet durch NEWTONS Autorität überlegte, dass die Versuche, wodurch die Unmöglichkeit mittelst zusammengesetzter Gläser farbanlose Bilder zu erwiesen seyn sollte, viel zu unvollkommen wären. gab zuerst den Gedanken von der Möglichkeit farbanloser Bilder an, und DOLLOD² verfertigte³ sie wirklich. Die Verbesserung, welche dadurch die Fernröhre erhielten, ist und da die Hindernisse, welche in der Unvollkommenheit der Glasarten lagen, nach und nach immer vollständiger beseitigt werden, so dürfen wir hoffen, dass die grosse Ent-

¹ worüber v. GÖTTES's Farbenlehre kann nachgesehen werden.

² Optice s. de reflexionibus, refractionibus et coloribus. Sam. Clarke. Laus. et Genevae 1740. 4.

³ Mém. de l'acad. de Berlin. 1747. S. 274.

⁴ S. Art. Fernrohr; achromatische Fernröhre.

achromatischen Fernröhre noch immer neue und gröfsere Verbesserungen der Instrumente herbeiführen wird. Die unermessenen Fortschritte, welche in den neuesten Zeiten die Kunst, eine sehr vollkommene dioptrische Fernröhre zu verfertigen, durch FRAUENHOFERS Bemühungen gemacht hat¹, läfst uns, dafs wir das höchste Ziel noch nicht erreicht haben, dafs dieser treffliche Künstler seine, von niemand überbunden, Fernröhre noch selbst übertreffen wird. Auch die andern optischen Werkzeuge haben nach und nach grofse Verbesserungen erhalten, die hier nicht im Einzelnen erzählt werden können.

Die Darstellung optischer Untersuchungen in analytischer Form hatte zwar HALLEY² schon zu Bestimmung der Brennweite der Linsengläser angewandt, aber KÄSTNER war der erste, der eine vollständige Anwendung der analytischen Untersuchungen auf die Dioptrik lieferte³. CLAIRAUT, d'ALEMBERT und KLINGENSTIERNA wandten diese Untersuchungen nur auf die achromatischen Fernröhre an; L. EULER aber suchte alles, was der Dioptrik gehört, in Formeln darzustellen, und seine Dioptrik ist unstreitig als theoretische Darstellung sehr schätzenswert, wenn gleich die Vervollkommenung der Instrumente we- niger durch seine Untersuchungen, noch durch die Untersuchungen von KLÜGELS⁴ so viel scheint gewonnen zu haben, als der in seinen Werken entwickelte Scharfsinn hoffen liefs.

Mit neuen, grofsen Entdeckungen wurde die Dioptrik erst in den neuesten Zeiten wieder bereichert, da die Erweiterungen, welche die Lehre von der doppelten Brechung erhielt, und die sich knüpfende Lehre von der Polarisirung des Lichts ganz neue und unerwartete Entdeckungen darboten. MACHOT, SREBEK, BREWSTER und HERSCHEL haben sich um die Fortsetzung dieser Lehre am meisten verdient gemacht. Auch

Von einem der vorzüglichsten Fernröhre Frauenhofers giebt eine Nachricht in v. Zach Correspondance astronomique. XII. 282.

Philos. Transact. for 1693.

Smiths Lehrbegriff der Optik, mit Zusätzen von Kästner. Altona. 1755.

Dioptrica auct. Leonh. Eulero. 8 Vol. 4. Petrop. 1769.

Klügels analytische Dioptrik. Leipz. 1778. 4.

gleich man vieles über die Farben geschrieben hatte, man sie doch meistens nur als eine Mischung von Schattten, welches doch eigentlich heisst, von Lichtsternis, angesehen, und diese, keiner deutlichen Entföhrige Vorstellung konnte keine geometrische Betrachtungen bieten. Newton² entdeckte zuerst die ungleiche Brechbarkeit der farbigen Strahlen und die Zerstreuung, welcher Licht bei der Brechung unterworfen ist, indem aus dem Lichtstrahle farbige Strahlen, jeder anders als der andere hervorgehen. Diese verschiedene Brechbarkeit eines reichen Gegenstand zu weitem Untersuchungen zeigte den Grund, warum die Gegenstände im Fernrohr erschienen, und setzte in Stand, die einer jeden Farbe eigene Lage des Brennpuncts bei Linsengläsern zu berechnen, dadurch aber auch zu bestimmen, dass hieraus eine der Abweichung von der Kugelform zu hebende Undeutlichkeit des Bildes im Fernrohr entstehen müsse. Diese Ueberzeugung (nachher als irrig erkannte) Meinung Newtons, dass Gläser aus verschiedenartigen Materien zusammengesetzt die Farbenzerstreuung nie heben könnten, veranlasste ihn, hoffte grössere Vervollkommenung der dioptrischen Fernrohre als ganz unmöglich anzusehen, und daher die Spiegel Fernrohre zu empfehlen. Diese Meinung blieb lange geltend, und es wurde allerdings vielleicht geblendet durch Newtons Autorität überlegt, dass die Versuche, wodurch die Unmöglichkeit mittelst zusammengesetzter Gläser farbenlose Bilder zu erwiesen seyn sollte, viel zu unvollkommen wären. Es gab zuerst den Gedanken von der Möglichkeit farbiger Fernrohre an, und Dollond verfertigte⁴ sie wirklich. Die Verbesserung, welche dadurch die Fernröhre erhielten, ist und da die Hindernisse, welche in der Unvollkommenheit der Glasarten lagen, nach und nach immer vollständiger beseitigt werden, so dürfen wir hoffen, dass die grössere

¹ worüber v. Göthe's Farbenlehre kann nachgesehen werden.

² Optice s. de reflexionibus, refractionibus et coloribus. Sam. Clarke. Laus. et Genevae 1740. 4.

³ Mém. de l'acad. de Berlin. 1747. S. 274.

⁴ S. Art. Fernrohr; achromatische Fernröhre.

achromatischen Fernröhre noch immer neue und gröfsere Verbesserungen der Instrumente herbeiführen wird. Die unermesslichen Fortschritte, welche in den neuesten Zeiten die Kunst, eine sehr vollkommene dioptrische Fernröhre zu verfertigen, durch FRAUENHOFERS Bemühungen gemacht hat¹, läfst uns hoffen, daß wir das höchste Ziel noch nicht erreicht haben, und daß dieser treffliche Künstler seine, von niemand überbunden, Fernröhre noch selbst übertreffen wird. Auch die übrigen optischen Werkzeuge haben nach und nach grofse Verbesserungen erhalten, die hier nicht im Einzelnen erzählt werden können.

Die Darstellung optischer Untersuchungen in analytischer Form hatte zwar HALLEY² schon zu Bestimmung der Brennweite der Linsengläser angewandt, aber KÄSTNER war der erste, der eine vollständige Anwendung der analytischen Untersuchungen auf die Dioptrik lieferte³. CLAIRAUT, d'ALEMBERT und KLINGENSTIERNA wandten diese Untersuchungen nur auf die achromatischen Fernröhre an; L. EULER aber suchte alles, was der Dioptrik gehört, in Formeln darzustellen, und seine Dioptrik ist unstreitig als theoretische Darstellung sehr schätzenswert, wenn gleich die Vervollkommenung der Instrumente we- niger durch seine Untersuchungen, noch durch die Untersuchungen von KÜNGEL⁵ so viel scheint gewonnen zu haben, als der in seinen Werken entwickelte Scharfsinn hoffen liefs.

Mit neuen, grofsen Entdeckungen wurde die Dioptrik erst in den neuesten Zeiten wieder bereichert, da die Erweiterung, welche die Lehre von der doppelten Brechung erhielt, und daran sich knüpfende Lehre von der Polarisirung des Lichts ganz neue und unerwartete Entdeckungen darboten. MALLET, SEEBEK, BREWSTER und HERSCHEL haben sich um die Fortbildung dieser Lehre am meisten verdient gemacht. Auch

Von einem der vorzüglichsten Fernröhre Frauenhofers giebt Nachricht in v. Zach Correspondance astronomique. XII. 282.

Philos. Transact. for 1693.

Smiths Lehrbegriff der Optik, mit Zusätzen von Kästner. Al-

g. math. Leonh.

no. 2 Vol. 4.

Petrop. 1769.

B. 4.

von GÖTTE's Untersuchungen über die Farbenlehre¹ hier nicht unerwähnt bleiben, obgleich sie weniger der reinlichen Dioptrik als der Lehre von den physiologischen Erscheinungen Nutzen gebracht haben.

Die Geschichte der Dioptrik ist von PRIESTLEY² abgehandelt und sein Werk durch Zusätze von KLÜGEL verbessert; aber dieses, jetzt 50 Jahre alte Buch, würde alle bedeutende Zusätze erfordern, um den gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft richtig darzustellen.

Lehrbücher, die der Dioptrik allein gewidmet, den jetzigen Zustand dieser Wissenschaft ganz befriedigend darzustellen sitzen wir, soviel mir bekannt ist, nicht, indem

LANGSDORF's Grundlehren der Photometrie oder der optischen Wissenschaften. 2 Theile. Erlangen. 1803 sich dem schwerfälligen Vortrag nicht empfehlen, und

BISCHOFF's praktische Abhandlung der Dioptrik. Auflage. 1800 — nicht umfassend genug ist.

In den ausführlicheren Lehrbüchern der Physik nimmt die Dioptrik einen sehr bedeutenden Platz ein, aber die ausführliche mathematische Untersuchung über Fernröhre kann gleichwohl dort nicht abgehandelt werden. Umständlicher als andre Lehrbücher der Physik behandelt BONNET die Anwendungen der Mathematik auf die Dioptrik in

Robison's system of mechanical philosophy. (New Ed. with notes by Brewster. 1822.) 4 Volumes. 8.

Die physikalischen Lehren sind in

Biot's traité de physique, mathématique et expérimentale Tome III. IV. mit großer Vollständigkeit vorgetragen, aber die mathematischen Untersuchungen über Fernröhre, Mikroskop u. s. w. gehörten nicht in seinen Plan. B.

Dipsector.

Ein im J. 1817 von DR. WOLLASTON angegebenes Instrument, um auf dem Meere die Depression des Horizontes zu

¹ Zur Farbenlehre, von Göthe.

² Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik übers. mit Zusätzen von Klügel. 1776.

aus dem Englischen *Dip* (Tiefe des Horizontes) und *sector*, welches ein Messinstrument von wenigen Graden bemisst. M N O P stellt die Fläche des Dipsectors dar, so wie Fig. 175. Beobachter denselben in verticaler Richtung am Handgriff R hält. In A und B sind senkrecht auf die Ebene des Instruments zwei Spiegel, welche einen rechten Winkel mit einander bilden; A ist fest, und nur an der untern Hälfte belegt, durchsichtig; B ist um ein Centrum beweglich, ist ganz fest und trägt die Alhidade B L, welche auf dem Gradbogen den Winkel angiebt. F T G ist ein Fernrohr, parallel mit der Ebene des Sectors, an dem Träger T befestigt. Bei G tritt demselben winkelrecht gegen den Beobachter die Ocular-
heraus, welche die aus A durch das Objectiv F kommenden Strahlen nicht directe, sondern durch einen im Fernrohr bei G befindlichen um 45° geneigten Spiegel reflectirt empfängt. Der Träger T läßt sich auf die bei den Sextanten gewöhnliche Weise heben und senken, um je nach Erforderniß die Strahlen vom belegten oder vom durchsichtigen Theile des Sectors als A ins Auge gelangen zu lassen. Die Handgriffe Q und R lassen sich um durch das Instrument in aufrechter sowohl als umgekehrter Stellung beobachten zu können.

Der Gebrauch dieses Instruments ist folgender: Gesetzt der Beobachter wollte zum Behuf einer Mittagsbeobachtung die Declination des südlichen Horizontes auf seinem Schiffe untersuchen, so stellt er sich mit dem Angesicht gegen Osten, und hält den Dipsector am Handgriff R gerade vor sich. In das Ocular bei G hineinsiehend, erblickt er durch den unbelegten Theil des Spiegels A den Horizont H im Norden; sodann bewegt er die Alhidade L so lange gegen P hin, bis er den südlichen Horizont h, dessen Bild von B nach A geworfen wird, mit dem Erstern in Berührung bringt. Er misst auf diese Weise den Bogen H Z h, und das Instrument zeigt ihm den Ueberschuß des Winkels über 180° . In unveränderter Stellung des Fernrohrs kehrt er nun den Dipsector in verticaler Richtung um, ergreift die Handhabe Q. Im Ocular G wird er alsdann durch den unbelegten Theil von A den südlichen Horizont h wahrnehmen, muß aber um das Bild des nördlichen Horizontes H mit diesem in Berührung zu bringen, die Alhidade O hin bewegen, wodurch er den Bogen H N h oder den

Defect von 180° erhält. Der halbe Abstand beider Azimuthe von einander giebt nun (frei vom Indexfehler) die Summe der Depressionen des südlichen und nordlichen Horizontes. Die Hälfte wird für die gesuchte Erniedrigung des Südhorizontes in Beziehung auf die Höhe CD des Beobachters über dem Meeresspiegel und die Wirkung der Refraction angenommen.

Beispiel. Auf der Reise nach der Baffinsbay machte Ross den 29. Aug. 1818 folgende Beobachtung mit dem Dipsector. Richtung NE und SW nach dem Compass. Beobachtung des Himmels. Breite des Orts 75° N; Länge 77° W. Temperatur des Wassers an der Oberfläche 36° F. ($1^\circ,8$ R.) Temperatur der Luft 34° F. ($0^\circ,9$ R.).

Die Alhidade oben.

$2^\circ 46' 50''$

2 46 59

2 46 41

Mittel 2 46 50

Die Alhidade unten.

$2^\circ 59' 45''$

2 59 55

3 0 15

Mittel 2 59 58

Unterschied $= 13' 8''$; hiervon der vierte Theil $= 3' 17''$ beobachtete Depression des Horizontes.

4 11; Depression des Horizontes nach Mendenhall'scher Methode für die Höhe von 18 Fufs.

$-54''$; Erhebung des Horizontes durch ungewöhnliche Refraction.

Der Indexfehler dieses Instruments war also $= 2''$. Die Beobachtung läßt sich, wie man leicht einsieht, nicht durch Umkehrung des Instruments variiren, sondern nur durch, daß der Beobachter sein Azimuth um 180° verändere, so daß er mit umgekehrtem Instrumente den nämlichen Theil des Horizonts direct ansieht. Wesentlich ist es, daß das Instrument genau vertical gehalten werde, weil sonst die beiden Horizonte sich durchschneiden, nicht berühren.

Der Nutzen des Dipsectors zur genauen Bestimmung der zur See gemessenen Höhen anzubringenden Correctionen ist sich nicht verkennen. In Meeren von geringer Tiefe beträget die Veränderung der scheinbaren Höhe des Horizontes oft 3 Minuten. Der Einfluß dieses Fehlers ist nicht nur bei der Höhenbestimmung, sondern eben so sehr bei den Höhen, die zur Zeitbestimmung und der geographischen Länge gebraucht werden.

en, von Wichtigkeit. Da jedoch schwerlich anzunehmen ist, daß die Hebung oder Senkung des Horizontes durch die veränderliche Wirkung der Refraction im ganzen Umkreis desselben die nämliche sey, so möchte es dienlich seyn, die Degression mit dem Dipsector in verschiedenen Durchschnitten zu untersuchen, und überhaupt die Differenz der Angaben des Instruments nicht geradezu durch 4 zu dividiren; sondern von der Hälfte desselben die Degression der Tafeln abzuziehen; der Rest gebe dann die wirkliche Erniedrigung desjenigen Punctes am Horizonte, in welchem das Spiel der Refraction vorherrschend ist. Daß bei solchen Beobachtungen der Stand des Barometers und Thermometers, die Temperatur und Tiefe des Wassers, und alle auffallenden Umstände notirt werden sollten, bedarf keiner Erinnerung. Die Leichtigkeit, mit welcher vermittelst des Dipsectors die Beobachtung der terrestrischen Strahlenbrechung angestellt werden kann, macht öftere Untersuchungen derselben in der Hand geschickter Seefahrer sehr wünschenswerth, sie können uns allmählig über den wahrscheinlichsten Werth der in den Tafeln angenommenen Refractions-Coefficienten und über die Modificationen desselben (je nach dem Zustande der Atmosphäre, der Temperatur und Tiefe des Wassers) eine für die Nautik nicht überflüssige Belehrung verschaffen.

Der *Dipsector* ließe sich auch mit Vortheil zur Bestimmung der Depression der Küsten, mithin ihrer Entfernung gebrauchen; und dadurch den oft schwankenden, durch Beobachtung und die Beschaffenheit des Landes oft irregeleiteten Schätzungen eine nützliche Berichtigung gewähren. H.

Dissonanz. S. Ton.

Dokimasie.

Probirkunst; *Docimasia ars, Docimastica*; *Docimasia* (von *δοκιμασία* Läuterung, Prüfung) ist derjenige Theil der analytischen Chemie, welcher die in natürlichen und künstlichen Gemischen vorkommenden, im gemeinen Leben brauchbareren, schweren Metalle ihrer Natur und Menge nach bestimmen lehrt. G.

Donner.

Donnerschlag, Donnerknall; Tonitru; Tonnerre; Thunder, Thunderclap; heisst der mit Ausbruche des Blitzes verbundene Knall. Dieses zu Schreckenden der Gewitter besonders beitragende Phänomen schon von den Alten einer Erschütterung der Luft zugeschrieben worden, nur über die Art und Veranlassung dieser Erschütterung waren die Meinungen verschieden. **SENECA**¹ sah die Gewitterwolken als große Blasen voll Luft vor, zuweilen aufgehen, und die eingeschlossene Luft herauslassen. **DAS CARTES**² setzte voraus, die Wolken beständen aus kleinen Schneetheilchen. Weil er nun auf den Alpen selbst gewesen hatte, daß die großen Schneelavinen, die von den Bergen ab in die Thäler rollen, ein dem Donner ähnliches Krachen verursachen, so glaubte er, der Donner werde durch den Stoß oder das Herabstürzen einer Wolke auf die andere verursacht, der Blitz aber sey die Entzündung der feuerfangenden Theile, welche in der Luft schwebten, und durch das heftige Zusammenpressung entstehende Reiben entzündet würden. Andere haben den Donner für das Poltern größer in der Luft einander stoßender Eisschichten erklärt. Noch thörichte Meinungen über Blitz und Donner erzählt **SCHOTT**³.

Erst seitdem man die Aehnlichkeit des Blitzes mit elektrischen Funken und Schläge (nachdem schon im Jahre 1708 **Dr. WALL** dieselbe zuerst bemerkt, dann aber durch **LET** im Jahre 1743, durch **WINKLER** im Jahre 1746 als Satz gestellt, und endlich durch **FRANKLIN** im Jahre 1747 und besonders durch seine und **DE ROMAS** Versuche mit dem elektrischen Drachen im Jahre 1752 in das hellste Licht gesetzt worden war) schien in der Analogie dieser beiden Erscheinungen zugleich auch die einfache Erklärung jenes merkwürdigen Phänomens des Donners gegeben zu seyn. Jeder Ausbruch elektrischen Funkens oder Schlags giebt einen Laut, indem die Luft, durch welche er bricht, mit Gewalt getrennt, und

¹ Quaest. natur. II. 16.

² Meteor. Cap. 7.

³ Physica curiosa. Herbipoli 1667. Lib. X. c. 2.

er sich gewöhnlich ausdrückt, erschüttert wird. Auch ist der Laut oder Knall desto stärker, je gröfser oder dichter der Funken oder Schlag ist, und je mehr Widerstand er auf dem Wege findet, durch den er gehen mufs, d. h. je häufiger und stärker die Explosionen sind, die er während seines Ueberganges zum Ziele zu machen genöthigt wird. So naturgemäfs nun beim ersten Anblick dadurch die Erklärung des Donners geworden zu seyn scheint, so ergeben sich doch bei näherer Vergleichung mancherlei Schwierigkeiten, da beim Donner gewöhnlich Erscheinungen vorkommen, von denen uns unsere elektrischen Funken und Schläge durchaus nichts ähnliches zeigt, wozu vorzüglich das so merkwürdige Rollen des Donners gehört, wozu denn noch der Umstand kommt, dafs selbst das beim ersten Anschein nach so einfach zu deutende Phänomen nicht durch den gewöhnlichen elektrischen Funken oder Schlag stehenden knackenden oder schnappenden Lautes selbst, was seine eigentliche nächste Ursache betrifft, verschiedene Erklärungen zuläfst. Man wird es also um so weniger auffallend finden, dafs jetzt noch die Erklärungen der verschiedenen Physiker von Ansehen über die wahre Ursache des Donners wesentlich von einander abweichen, da der ganze Vorgang des Witters noch in solches Dunkel eingehüllt ist, und den Hypothesen einen freien Spielraum läfst. Ehe wir indessen jenen Ansichten, die wegen des Namens ihrer Bekenner, wegen ihres innern Gehalts hier berücksichtigt zu werden verdienen, mittheilen, und kritisch beleuchten, wollen wir ganz im allgemeinen bestimmte Phänomene des Donners noch in seinen Hauptmodificationen etwas näher beleuchten. In dieser Hinsicht ist vorzüglich das Geräusch und Getöse, welches beim Einschlagen des Blitzes begleitet, von dem eigentlichen Rollen des Donners zu unterscheiden. Im Allgemeinen ist der schlagende Blitz entweder ein *kurzer Donner*, einem Kanonenschusse gleichend, oder ein *knatternder, rasselnder Donner*. Als Beleg zum ersten dient eine von REIMARUS angeführte Beobachtung, wo man den Blitzstrahl deutlich in einigem Abstände von einem Schiffe in die See fahren sah, und doch der

1 Vergl. Blitz.

Knall und die Erschütterung dabei so stark war, als wenn Kanone zwischen dem Verdeck gelöst wird. Bei gewöhnlichen Schlägen, welche die Masten eben dieses Schiffes trafen, war der Knall viel schwächer, und glich mehr einem Galle als einem Kanonenschusse¹. Wenn der Blitz in einen einschlägt, oder sonst einen ausgedehnten Körper, vollkommener Leiter ist, trifft, wo er an verschiedene Sprünge machen muß, so läßt sich zwischen diesen Explosionen ein geringer Zwischenraum der Zeit bemerken, es entsteht jener rasselnde, vielleicht eine viertel oder eine halbe Sekunde anhaltende Laut, der dem Schalle bei dem Zerschlagen eines Papiers ähnlich ist, und sich von dem Wiederhall in der Luft, sehr wohl unterscheiden läßt². Ob auch unabhängig vom eigentlichen Einschlagen kurze einfache Schläge vorkommen können, ist wohl nicht mit völliger Sicherheit zu entscheiden. Die viel gewöhnlichere Erscheinung des Donner ist aber der mehr gedehnte Schall, oder das Rollen desselben, das oft mehrere Sekunden dauert, wobei dasselbe nicht an Stärke abnimmt, sondern vielmehr in Zwischenräumen von Zeit zu Zeit verstärkt erscheint, stofsweise mit furchtbaren Schlägen untermengt ist. Auch findet dieses Rollen ohne sichtbare Blitze statt, und ist ganz unabhängig vom eigentlichen Einschlagen des Blitzes, welchem vielmehr gerade das Rollen gemeiniglich fehlt, nicht etwa besondere Localitäten durch einen Wiederhall selbst veranlassen. Bei Gewittern, die sich in reichlicher Menge auflösen, hört man oft dieses Rollen über den dicken Wolken wunderbar hin und her wogen, ohne daß es denselben ausführen, und bald nachher stürzt reichlich gewaltsam herunter.

Was nun den *mehr augenblicklichen heftigen Schlag* oder das knatternde Geräusch beim Einschlagen so glaubte man dies durch die Erschütterung der Luft, Blitzstrahl, gerade so wie der elektrische Funke, Verhältniß der ungemein viel größeren Masse von brechender elektrischer Materie in einem verhältnißmäß-

1 Reimarus, Neuere Bemerkungen. S. 10.

2 Reimarus, erste Abh. vom Blitze. S. 252.

heren Grade hervorbringen müßte, erklären zu können, und insbesondere jenes rasselnde Geräusch beim Einschlagen in Gede aus den Platzungen, welche die elektrische Materie in n Stellen macht, wo sie Hindernisse findet, sich darum auf rem Wege erst anhäuft, und mit verstärkter Kraft durch- icht. Was aber das *Rollen des Donners* betrifft, so nahm in vorzüglich zum Echo oder Wiederhall seine Zuflucht. ~~Es~~ äußerte sich in letzterer Hinsicht ¹ auf folgende Weise: Die verschiedenen Flächen der Wolken und der Gegenstände auf der Erde werfen den Schall auf so mannigfaltige Weise und in so mancherlei Entfernungen zurück, daß nothwendig im merklicher Zeitraum verfließen muß, ehe die ganze hier- aus entstehende Wirkung geendigt ist. Daher ist das Brüllen des Donners in gebirgigen Gegenden gemeiniglich weit anhal- nder und fürchterlicher, als auf dem platten Lande. Wer die Wirkung des Echos in gebirgigen Gegenden nur einmal ge- hört hat, wird nicht mehr zweifeln können, daß dieses die wahre und vornehmste Ursache von dem anhaltenden Getöse des Donners sey. Auf dem Oybin bei Zittau in der Ober- lausitz ² hörte ich selbst den Schall eines kleinen Mörsers durch das Echo vervielfältigt, welches dem stärksten und an- haltendsten Donner nachahmte.“ Daß indessen diese Erklä- ung aus dem Wiederhall nicht ganz genügen konnte, schien aus hervorzugehen, daß das Rollen des Donners auch in ebenen Gegenden, auf dem Meere in weiter Entfernung dem Lande gleichmäfsig vernommen wird, und so machte schon LICHTENBERG ³ darauf aufmerksam, daß man noch are Gründe zu Hülfe nehmen müsse, um alle Modificatio- beim Donner zu erklären, welche noch nicht ganz zur ichtigkeit gebracht seyen. Hierzu kam noch, daß der Be- der Lufterschütterung ein unbestimmter war. Indem nun Physiker, welche durch diese Erklärung nicht befriedigt a konnten, das Phänomen des Donners mit den besondern gängen beim Gewitter zu verknüpfen suchten, bildeten sich züglich zwei Hauptansichten, wovon die eine den Donner

¹ Phys. Wörterb. Bd. 1.

² S. Leske Reise durch Sachsen. S. 501.

³ Erxleben's Anfangsgründe der Naturlehre. 6te Auflage. §. 752.

nicht als die unmittelbare Wirkung der durch die Luft vermittelten elektrischen Materie oder des Blitzes, sondern als die eines ganz andern Vorganges, von welchem beide als abhängende Erscheinungen gleichmäßig abhängen, erklärte, während hingegen zwar im Allgemeinen die ältere Theorie fast überall in einigen wesentlichen Punkten schärfer bestimmt mit allen Phänomenen in eine genauere Uebereinstimmung bringen suchte. Zu der ersten Ansicht scheint sich zuerst bekannt zu haben. Er erinnert¹, man müsse sich eine wirkliche Feuermasse unter dem Blitze vorzustellen wissen, wenn man die bloße Zertheilung der Luft für hinlänglich halten will, so volltönenden Donner hervorzubringen. Hier kommt leicht einige musikalische Kenntnisse dem Physiker zu kommen, besonders was über die Dicke (!) (oder Höhe) des Tons zu erörtern sey, als eine Modification seiner Schwingung betrachtet. Nach den neuesten Einsichten sey es wohl genug, daß eine gewisse Donnerluft dafür entwickelt werden auch hätten schon ältere Physiker erinnert, daß der Donner nicht durch bloßes Zusammenschlagen der Luft ohne Gegenwart einer knallenden Materie zu erklären sey.

Statt einer bloßen hingeworfenen Idee stellt Diderot dem Sinne der ersten Ansicht eine umständliche und sehr vielen Erscheinungen des Gewitters angepaßte Erklärung² auf, und man kann ihn eben darum für den repräsentanten dieser Ansicht halten. Er betrachtet den Donner als eine Sache, die man insgemein von dem Rollen des Donners giebt, als ein Beispiel, wie weit man sich durch die kühnen Assimilationen des Gewitters mit unsern electrischen Versuchen von der Wahrheit entfernt habe. Nach der These einer einfachen Entladung erkläre man den Donner als den Durchgange des elektrischen Funkens von einer Wand zu einer andern, und daß der Schall anhaltend sey, obgleich die Leuch-
 tung nur einen Augenblick dauert, das suche man durch begreiflich zu machen, daß das Licht und die Ausbreitung der elektrischen Flüssigkeit unendlich geschwind

1 Beruhigung über die neuen Wetterleiter. Leipzig 1791.

2 Gena Journal der Physik. IV. 207. §. 231.

rgleichung mit der Zeit, welche der Schall gebraucht, um an dieselben Räume zu durchlaufen, und von den verschiedenen Stellen seiner Bahn bis zum Ohre zu gelangen. Diese Erklärung, sagt De Lüc, würde allen Beifall verdienen, wenn die Rollen des Donners stets schwächer und schwächer würde; allein, da es oft zunähme, und manchmal stofsweise mit heftigen Schlägen untermengt sey, so benehme dieses jeder Hypothese alle Wahrscheinlichkeit. Ueberdies habe man nicht einmal bemerkt, dafs diese besondere Hypothese die allgemeine umstofse. Denn, wenn sich die elektrische Flüssigkeit von Wolke zu Wolke ins Gleichgewicht setzen könnte, so lasse sich unmöglich einsehen, wie es positive und negative Wolken geben könne, die so vermengt seyn, und nur eine zusammenhängende Masse von Gewittern ausmachen sollten. Die Hypothese des vielfachen Echos von Wolke zu Wolke stimme gar nicht überein mit der wirklichen Succession, die man beim Gebrauche des Donners beobachte, und habe noch ausserdem das Bedenkliche, dafs man blofsen Nebeln, dergleichen die Wolken sind, die Fähigkeit zuschreibe, den Schall zu reflectiren. De

vermuthet vielmehr, das Rollen des Donners rühre von einer Ursache her, aus welcher sich in den Gewitterwolken das elektrische Fluidum erzeugt, doch werde es nicht von diesem Fluidum selbst hervorgebracht. Vielleicht bilde sich in dem Augenblicke, in welchem die elektrische Flüssigkeit aus den verschiedenen Wolken enthaltenen Ingredienzen zusammengesetzt werde, eben so großer Ueberflufs von sehr heißem *Wasserdunst*, in verschiedenen Massen getheilt sey, und anfangs mehr einnehme, als die Luft, aus der er hervorgebracht wurde.

Vielleicht werden nachher diese Massen, so wie sie bei der Abkühlung unter die Temperatur des Siedepunctes in die Höhe kommen, plötzlich durch den Druck der Luft zerfallen, die das Wasser davon unter der Gestalt des Nebels zerzet. Diese Erklärung gründe sich auf die Verwandlung der atmosphärisirten und brennbaren Luft im Wasser, wo auch erst Expansion, und dann Zerstörung aller Ausdehnbarkeit statt finde, und noch auf mehrere andere Phänomene des Wasserkreislaufs. Sie würde auch die Verdichtung der Wolken und die bisherige Entstehung des Regens erklären, welche gewöhnlich auf starke Donnerschläge erfolgen. Nach dieser Erklä-

zung, welche mit den übrigen Theilen des de Lücshen¹ steins² genau zusammenhängt, entsteht also der *Knall* die explodirende Ausdehnung der Luft, indem sich die elektrische Materie, welche plötzlich in großem Ueberflusse geworden ist, durch den Druck zersetzt, ihr Licht entläßt, dadurch die Erscheinung des Blitzes hervorbringt; das *Rollen* hingegen ist die Folge einer stufenweise oder in verschiedenen Massen erfolgten Verdichtung des aus der Luft stehenden Wasserdampfes. In die leeren Räume, welche Verdichtung veranlaßt, dringt die Luft mit Gewalt ein, bringt einen Schall hervor, in dem sich ein anhaltendes mit schwächeren oder stärkeren Schlägen verbindet, je nachdem die verdichteten Dunstmassen entweder gleichförmig³ nem fortgehende Strecken, oder kleinere und größere bilden. Das durch die Verdichtung entstandene Wasser im Regen herab.

GIRTANNER² hat in einer etwas veränderten Gestalt andere Erklärung des Donners gegeben. Sein Geräusch, derselbe, ist nicht der Lärm einer elektrischen Explosion, sein Rollen nicht das Echo derselben. Die Wolken sind im Stande, den Schall so zurückzuwerfen, wie feste zu thun pflegen. Ein Kanonenschuß auf dem Meere, weü Ufer, wird nur einmal und ohne Rollen gehört (?); nur rollt der Donner auf dem Meere, wie auf dem Lande. Kö die Wolken den Schall zurückwerfen und ein Echo verursachen, so müßte auch auf dem Meere ein Kanonenschuß vervielfach get werden. GIRTANNER hält es daher für wahrscheinlich, Blitz und Donner entstehen, so oft plötzlich eine große gebildet wird. Man hat Beobachtungen vom Donner bei heiterem und unumwolken Himmel. Oft fängt es im Sonn an zu donnern, und, der vorher heitere Himmel umzieht nun mit Wolken. So wie das Gewitter fortdauert, und Donnerschläge auf einander folgen, entstehen mehr und neue Wolken, welche vorher weder da waren, noch vom Meere hergebracht sind, und die Entstehung solcher Wolken

¹ Vergl. *Blitz und Luft-Elektricität*.

² Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berl. 179 p. 284.

als der Regen hört nicht eher auf, als bis der Donner auf-
rt hat.

Demnach ist der Donner nicht eine Folge des Blitzes, son-
der Entstehung einer großen Wolke. Indem sich das
Wassergas in der Atmosphäre durch plötzliche Erkältung in
Wasser verwandelt, nimmt es einen 900mal kleineren Raum
als vorher; es entsteht ein Vacuum, die oberen Schichten
die Nebenschichten drängen sich zu, und indem sie auf-
einander fallen, entsteht ein Geräusch. Eben das geschieht
auch im Kleinen, wenn z. B. beim schnellen Herausziehen des
Korbs eines Etui, beim schnellen Schwingen einer Peitsche,
ein Schmitz platt und löffelförmig ist, ein leerer Raum ent-
steht, in welchen die umgebende Luft eindringt, und einen ei-
senhämlichen Schall durch Zusammenstoßen hervorbringt. So
platzt die Blase mit einem Knalle unter der Glocke der Luft-
pumpe, und die äußere Luft, wenn sie die über ein Glas ge-
setzte Blase, unter welcher die Luft verdünnt worden ist,
berührt, dringt eben so mit einem Knalle in den leeren Raum.

Damit stimmt nun auch im wesentlichen J. T. MAYER
an, indem ihm zufolge die schnelle Verwandlung der in
der Gewitterwolke so sehr angehäuften Menge von Bläschen
in concrete, als Regen herabfallende, Tröpfchen, ja vielleicht
auch die schnelle Entweichung oder Absorption (!) des mit den
Bläschen verbunden gewesenen Wärmestoffs und der mit dem
herabfahrenden Elektricität nothwendig eine beträchtliche
Wärme in der Gewitterwolke hervorbringen müsse, in welche
sodann die umgebenden Luftschichten mit Gewalt hinein-
dringen, wodurch nothwendig ein Knall entstehen müsse. Das
von *des Donners* erklärt derselbe daraus, daß, wenn eine
elektrische Wolke sich über einen Gegenstand entlade, das in
den benachbarten und gleichsam in einer Reihe hinter und
einander liegenden Wolken in $+$ und $-$ E durch Verthei-
lung von jener elektrischen Wolke aus zertrennt gewesene elek-
trische Fluidum in dem Augenblicke der Entladung jener Wolke,
mit ihr vertheilender Einfluß aufhöre, in den natürlichen

herbeizuführen müsse. Nach der verschiedenen Entfernung dieser Wolken vom Beobachter lasse sich das im Ganzen immer schwächer werdende Rollen aber auch die Untermischung desselben wieder Schlägen begreiflich machen. Noch soll die von Ausdehnung der Luft, welche in dem leeren Raum durch die Zersetzung der Bläschen der einen Wolke hat, hineinfährt, abhängige Kälteerzeugung zur Bläschen in den benachbarten Wolken beitragen, sich dieser Proceß, womit dann jedesmal Blitz und die oben angegebene Weise eintreten müsse, sich eine Reihe von Wolken fortpflanzen.

Alle diese Erklärungen scheinen mir indessen gesucht und zum Theil mit ausgemachten Thatsachen im Widerspruch. Es ist hinlänglich bekannt, daß nicht eine einzelne Gewitterwolke gebildet seyn kann, sondern daß der Verdichtungspunct die Gewitterwolken eine große Ausdehnung erhalten haben können, ohne daß ein Blitz erschienen, oder ein Donnerschlag gehört worden. Ich beweist unter andern auf eine auffallende Weise die Tafelberg am Vorgebirge der guten Hoffnung bei heiterem Wetter sich so ungeheuer schnell anhäufende bedeckung des Himmels, nachdem ein erster kleiner Gewitter gebildet hat, analog gleichsam der schnellen Kry- übersättigten Lösung von schwefelsaurem Natron.

ung der Elektricität, wodurch erst ein großer Ueberfluß
heißem Wasserdampf gebildet werde, der nachher wieder
in die natürliche Kälte derselben Regionen, in welchen er
gebildet, zersetzt werde, ist nicht bloß ganz willkürlich,
sondern in jeder Hinsicht unhaltbar. Wenn, wie wir oft so
häufig sehen, eine Gewitterwolke sich senkt, einen Blitz auf
den nächsten erhabenen Gegenstand hinabschleudert, und sich
wieder erhebt, so findet hier die Zersetzung der Elektri-
cität, wovon die Lichterscheinung abhängen soll, in dem Zwi-
schenraume zwischen der Wolke und dem getroffenen Gegen-
stande statt, wo sich doch kein Wasser befindet, das durch
den angeblich zugleich frei werdende Wärme in jenen heißen
Zustand verwandelt werden soll, der dann erst wieder durch sei-
ne darauf folgende Zersetzung nach jener Ansicht den Donner
veranlaßt. Ueberhaupt spricht keine Erfahrung für eine be-
stehende Wärmeerzeugung beim schnellen Durchgange des elek-
trischen Fluidums unter der Gestalt eines Funkens durch Dunst
oder gasförmige Flüssigkeiten, und auf jeden Fall würde diese
Wärmeerzeugung nur auf den so schmalen Weg des Durchgan-
ges eingeschränkt seyn. Wenn Mayer dem schnellen Zusam-
menfahren der an beiden Enden einer Wolke durch Vertheilung
häuftes $+$ und $-$ die Wirkung zuschreibt, die Dunst-
theilchen zu zersetzen und zu Wasser zu verdichten, so ist hier-
bei gerade eine entgegengesetzte Wirkungsart, wie in der vori-
gen Erklärung angenommen, für die aber jeder weitere Beweis
fehlt. Dafs endlich alle drei Physiker sich zu leicht durch die
Natur der Wolken haben verleiten lassen, ihnen alle Fä-
higkeit, den Schall zu reflectiren, und somit durch ein Echo
den Rollen des Donners wesentlich beizutragen, abzusprechen,
ist eine sehr merkwürdige Beobachtung bei Gelegenheit
der neuesten Versuche, welche die französischen Physiker über
die Geschwindigkeit des Schalles angestellt haben. Sie bemerk-
ten nämlich, dafs wenn Wolken zwischen den Stationen, auf
denen die Kanonen zur Bestimmung jener Geschwindigkeit
gefeuert wurden, sich befanden, die Schüsse mit einem
Geräusche, wie vom Donner, gehört wurden, was hingegen nicht
beobachtet wurde, wenn der Himmel klar war, zum offenbaren
Beweise, dafs das Echo, von welchem dieses Rollen allein ab-

hängen konnte, nicht von den Gegenständen auf der Erde, sondern von den Wolken selbst ausging.¹

Wir wenden uns nun zu der zweiten Hauptklasse Klärungen, welche den Donner und insbesondere das Rollen selbst, oder als ein rein elektrisches Phänomen auf eine Weise, als es früher geschehen, aus den Ursachen (der Bewegung der elektrischen Materie und dem Verhältnisse des Schalles) begreiflich zu machen versucht haben. In *Harvie*² und *Rasmus*³ sind es vorzüglich, die sich ausführlicher darüber ausgesprochen haben. *Rasmus* teilt die des Donners vorzüglich von den aufwärts oder seitwärts Wolken fahrenden Blitzen ab, während der in die Erde gehende Blitz mit einem kurzen Donner, einem Kanone gleich, oder auch mit einem knatternden Donner versey. Das Rollen des Donners deute offenbar auf wie Explosionen hin. Liege man bei einem herabwärts schließenden Blitz der Ort jeder Explosion dem Beobachter näher, so gehe der durch die ersten Explosionen bewirkte Schall, langsamer als der erregte Blitz fortgeht, gleichzeitig durch die letzten Explosionen bewirkten Schalle (ja etwas später als dieser) zum Ohr, und der Schall sey ohne einen Nachhall oder Rollen; gehe dagegen der Blitz nach oben (oder auch in horizontaler Richtung von Wolke zu Wolke) so gelangen die später und zugleich in größerer Entfernung entstandenen Donnerknalle, vorzüglich wegen ihrer immensen Entfernung, später zu unserm Ohre, und ein Blitz, dessen ganze Wirkung nur eine Secunde dauerte, aber sich durch 6000 Fufs in einer ziemlich geraden von unten nach oben gerichteten Linie fort erstreckte, müßte einen sieben Sekunden lange dauernden Donner geben. Gesetzt aus 2000 Fufs Höhe schlug ein Blitz gerade neben uns nieder und bedauerte dazu $\frac{1}{2}$ Secunde (was indessen noch zu hoch angeschlagen ist), so würde ich den ersten Knall später als den, welchen

1 Ann. Ch. et Ph. XX. 210 — 266.

2 Beiträge zur Witterungskunde u. s. w. Leipz. 1820. 8.

3 G. LI. 117.

4 Ebend. XXIII. 226.

im letzten Theile seines Weges bewirkt, hören, jenen 2 Secunden, diesen $\frac{1}{2}$ Secunde nach dem Ausfahren des Blitzes aus der Wolke. Der Donner müßte also in einem ganz kurzen Zeitraume als einzelner Knall, oder als schnell auf einander folgende Knattern vorbei seyn. Hier und in manchen andern Fällen ist der Anfang des Donners (so wie wir ihn hören) einer andern Explosion angehören, und der durch die erste heftigste Explosion bewirkte Knall erst später, ganz am Ende des Donners, zu uns gelangen. Da beim Einschlagen des Blitzes in un-
 ter unmittelbaren Nähe die Entfernung der Gewitterwolke häufig nicht einmal 1000 Fufs beträgt, so ergiebt sich da-
 noch eine kürzere Dauer, und für unsere Art zu empfinden, jeder Eindruck eine kurze Zeit anhält, ein ganz einfacher Donnerschlag.

Eine im wesentlichen ganz ähnliche Ansicht über das Rollen des Donners, stellt auch RASCHIG auf. Ihm zufolge¹ soll nämlich dasselbe 1. von der verschiedenen, meist sehr beträchtlichen Länge des Blitzstrahls 2. von der verschiedenen Stärke des Strahls in verschiedenen Stellen seiner Bahn, vielleicht 3. von der Verschiedenheit der Körper, welche derselbe in seinem Laufe trifft, herrühren. In Rücksicht auf den Ein-
 der Länge bemerkt dieser Physiker, daß man am Horizonte Blitze in der Länge von einer Stunde Weges durch die Wolken fortlaufen sehe, man sieht sie (scheinbar) von der Erde in die höchsten Wolken sich verlieren, und sich in mehrere Aeste zertheilen. Von allen diesen verschiedenen Puncten kann der Schall nothwendig nur nach und nach zum Ohre gelangen, nachdem sie weiter oder höher liegen. Der Blitz zeigt auch nicht in allen Theilen seiner Bahn gleiche Stärke, besonders wenn er sich in mehrere Aeste theilt. Sind nun dünnere, verteilte Aeste näher als der vereinte Strahl, so wird der schwächere Donner zuerst gehört, und der stärkere Schlag später kommen. Endlich meint RASCHIG, daß es nicht einerlei ist, ob der Blitz in seinem Laufe dichtere Regentropfen, oder dünne Wolken oder von beiden freie Luft treffe. Das Wasser wird von einem starken elektrischen Schlage wahrscheinlich

HELVIC ³ und RASCHIO ⁴ sind es vorzüglich, die
licher darüber ausgesprochen haben. BRANDES le
des Donners vorzüglich von den aufwärts oder s
Wolken fahrenden Blitzten ab, während der in die
gende Blitz mit einem kurzen Donner, einem K
gleich, oder auch mit einem knatternden Donn
sey. Das Rollen des Donners deute offenbar au
Explosionen hin. Liege nun bei einem herabwärt
Blitze der Ort jeder Explosion dem Beobachter nä
ge der durch die ersten Explosionen bewirkte Sch
langsamer als der erregte Blitz fortgeht, gleichze
durch die letzten Explosionen bewirkten Schalle
etwas später als dieser) zum Ohr, und der Schall
ohne einen Nachhall oder Rollen; gehe dagegen
wärts (oder auch in horizontaler Richtung von W
ke) so gelangen die später und zugleich in gröfser
entstandenen Donnerknalle, vorzüglich wegen ihr
fseren Entfernung, später zu unserm Ohre, und d
sen ganze Wirkung nur eine Secunde dauerte, a
sich durch 6000 Fufs in einer ziemlich geraden
wärts gerichteten Linie fort erstreckte, müfste ein
cunden lange dauernden Donner geben. Gesetzt
Höhe schlug ein Blitz gerade neben uns nieder.
dazu $\frac{1}{2}$ Secunde (was indessen noch zu hoch wär
so würde ich den ersten Knall später als den
nach

zten Theile seines Wepes beuol't Horn, 2^{te} u. 3^{te} Secunde nach dem Anbruch der Explosion.

Der Donner ist ein Geräusch, welches durch die Ausbreitung der Schwingungen der Luft entsteht, welche durch die Explosion hervorgerufen wird. Die Schwingungen der Luft breiten sich in alle Richtungen aus, und es ist die Ausbreitung dieser Schwingungen, welche wir als Donner hören. Die Schwingungen der Luft breiten sich mit der Geschwindigkeit des Schalls aus, und es ist die Geschwindigkeit des Schalls, welche die Entfernung zwischen der Quelle des Donners und dem Beobachter bestimmt.

Die Schwingungen der Luft breiten sich in alle Richtungen aus, und es ist die Ausbreitung dieser Schwingungen, welche wir als Donner hören. Die Schwingungen der Luft breiten sich mit der Geschwindigkeit des Schalls aus, und es ist die Geschwindigkeit des Schalls, welche die Entfernung zwischen der Quelle des Donners und dem Beobachter bestimmt. Die Schwingungen der Luft breiten sich in alle Richtungen aus, und es ist die Ausbreitung dieser Schwingungen, welche wir als Donner hören. Die Schwingungen der Luft breiten sich mit der Geschwindigkeit des Schalls aus, und es ist die Geschwindigkeit des Schalls, welche die Entfernung zwischen der Quelle des Donners und dem Beobachter bestimmt.

Es reicht.

Wage 71.

Danker.

in Dampf oder Gasteren verwandelt, und dies könnte die
der Schnelligkeit, womit es geschieht, den Knall des
verursachen.

Humboldt hat in seiner Erklärung vorzüglich auf die
sichere des Blitzes, die er wesentlich für seine Beh
Blickzeit genommen. Bei näherer Aufmerksamkeit
Gewitter sah er den Blitz mit vier Absprängen seine Beh
der Erde durchläuft, und hörte ganz bestimmt eben
gedehnte rollende Donnerschläge, doch nicht alle mit
Schallstärke. Um seine Ansicht näher zu begründen,
von dem Schalle des Wirtgeschützes aus. Die Gedehnte
eines Schalles steht, ihm zufolge, im Verhältnisse der
des durch die freie Luft hindurch fahrenden Feuerstrah
nen Durchmesser. Wenn man z. B. eine Bombe mit zwei
Pulver ausbringe, so hätte sich der Schall gleich ku
tig aus, und werde kurz und begrenzt gehört. Wenn
zwei Pfund Pulver in eine Kanone, welche 15 bis 20 Dur
sen des inneren Raumes der Bombe zur Länge habe,
würden, so werde man einen beträchtlichen Unterschied
Beim des Schalls bemerken. Beim so äußerst schnellen
fahren des Blitzes durch die Luft müsse nothwendig ei
kommen luftleerer Raum entstehen, und das Einströmen
nachbarten Luft in diese Leere müsse mit einem Knalle
den seyn. Um nun diese Leere auszufüllen, werde we
sehr viel geringeren Geschwindigkeit des einströmenden
eine Zeit erfordert, mehr oder weniger, je nachdem dies
zufüllende Raum eine größere oder geringere Länge besitz
je öfter derselbe erneuert werde. Der Eintritt der Luft
leeren Raum gebe nun den Schall als Product. Dieser
sich vom Anfange bis zum Ende mit gleicher Geschwin
fort, so daß man, wenn die Länge des zu durchlaufenden
gebenden Gegenstandes bedeutend sey, die Zeit messen
welche zwischen dem Anfange und der letzten Schallwell
gehört werden könne, vergehe. Dächten wir uns einen f
fahrenden Feuerstrahl bei einem Vierundzwanzig-Pfund
sferhalb der Mündung, welcher eine Länge von 488 Fusa
so werden beinahe 36 Tertien Zeit verlaufen, ehe der Scha
schwinde, folgten nun mehrere solche Strahlen ununterb
auf einander, so würde jeder einen eben so lang gedehnten

n, und die Summe aller ein stetes Rollen von einigen Secun-
hervorbringen, ohne daß man das Echo zu Hülfe zu neh-
nöthig hätte. Wären einige von diesen Kanonen nach dem
achter hin, andere von ihm ab, und noch andere seitwärts
stet, so würde er alle beim Donner beobachtete Modifica-
m während der Zeit hören, nur würde er in einer gewissen
ernung, und nicht zu nahe stehen müssen. Die Absprünge
Blitzes in der Zickzakform¹ haben nämlich für den Beob-
er dieselben Folgen, wie das Abschieszen der Kanonen in
chiedenen Richtungen, indem der Blitz gleichfalls in seiner
ackförmigen Bahn bald nach dem Zuschauer hin, bald von
abwärts, bald seitwärts von ihm sich bewegen muß.

In der zweiten Classe von Erklärungen finden sich nun, unse-
bedünkens, wenn noch auf Einiges, was in denselben nicht
tet worden, Rücksicht genommen wird, alle Elemente,
ich einen deutlichen und naturgemäßen Begriff von den
einungen des Donners zu machen. Daß die elektrische
ie in ihrer schnellen Bewegung durch die Luft diese wirk-
vor sich her treibt, und bei der außerordentlichen Schnel-
t ihrer Bewegung einen relativ leeren Raum hinter sich
kläfst, ist keinem Zweifel unterworfen. Es ist hier von
r bloßen Leitung oder Fortpflanzung einer Thätigkeit, son-
von der Fortbewegung eines materiell Realen die Rede,
in Daseyn für mehr als einen Sinn, und seine außeror-
the Geschwindigkeit neben andern Erscheinungen vorzüg-
rch die große mechanische Gewalt, die es bei so gerin-
se ausübt, über jeden Zweifel hinaus beurkundet. Jedes
the Zusammenpressen der Luft sowohl, als ein schnelles
omen umgebender Luft in einen leeren Raum, ist mit ei-
ehr oder weniger starken Schalle verbunden. Daß die-
hall von der ganzen Länge der Bahn des Blitzes, auf wel-
owohl die Luft aus der Stelle bewegt und zusammenge-
s, als auch ein leerer Raum zurückgelassen worden ist,
ach uns verbreiten müsse, und daher seine Dauer, im
tnisse der Länge dieser Bahn, verglichen mit der Fort-
ungsgeschwindigkeit des Schalls, die wir nach den neue-

sten Versuchen bei 10° C. und 28" Par. Luftdruck auf 10 Fals annehmen könnte, stehen müsse, ist eben so klar, denn nach der obigen Erörterung sich von selbst ergibt, die eigentliche Rollen des Donners (der lange gedehnte Donner meistens bei Blitzschlag, die aufwärts, oder von Wolke zu fahnen, eintreten müsse.

BRANDER bemerkt in dieser Hinsicht noch: „Bei Gelegenheit hätte, die scheinbare Richtung der Blitze, Dauer des Donners zu vergleichen, wenn man zugleich achten könnte, ob bei den Blitzschlägen, welche ein Donner folgt, sich etwas, das wiederholte Explorationschläge, bemerken ließe, so könnte man wohl etwas Scheidendes über diese Meinung ausmachen. Im Ganzen wenigstens das Rollen des Donners nur dann beobachtet, wenn die Blitze mehr in der obern Gegend der Atmosphäre blieben, und in den fünf Fällen des wirklichen Schlagens des Blitzes in der Nähe blieb das eigentliche „aus.“ Dafs ein von einer übermäfsig geladenen Wolke einer benschartigen überschlagender und sich von Wolke zu Wolke als gleichsam unterbrochener Funke verbreitender Blitzschlag an verschiedenen Stellen verschiedenen Widerstand schon bei verschiedenen Entfernung der Wolken von einander zu überwinden hat, und dafs schon darum der Schall im Fortschreiten des Rollens bald stärker bald schwächer werden mufs, übereinstimmend mit dem, was wir beim elektrischen Schall bemerken, wenn er auf seinem Wege Hindernisse von verschiedener Stärke antrifft. Allen Einflufs auf die in Zwischenräumen eintretende Verstärkung des Rollens kann man für die Zickzackbewegung des Blitzes nicht absprechen, da an dem Orte des Absprungs die Luft am stärksten zusammengedrückt und also mit der grössten Geschwindigkeit in den nachgelassenen leeren Raum einströmen mufs. Uebrigens erhellet aus der oben mitgetheilten Beobachtung, dafs auch in ganz ebenen Gegenden auf dem Meere da, wo irdische Gegenstände keinen Anlass geben können, die Wolken selbst durch das Reflektiren des Schalls zum Rollen des Donners wesentlich beitragen und das um so mehr, je dichter sie sind, namentlich also in Gewittern, die sich dann in reichlichem Regen und Hagel ergiefsen, das Rollen des Donners oft am furchtbarsten ist.

Nach der angegebenen Theorie begreift man, wie man aus der Zeit, welche zwischen dem sichtbaren Ausbruche des Blitzes und dem gehörten Donner verstreicht, einigermaßen auf die Entfernung einen Schluß machen könne. Rechnet man, wie man bemerkt ist, die Geschwindigkeit des Schalls auf 1038 Paris in einer Secunde, so kann man die Entfernung des Gewitters auf etwa eine geographische Meile rechnen, wenn zwischen dem Blitze und Donner 22 bis 23 Secunden verstreichen.

Dafs wahre Blitze ohne Donner vorkommen können, kann aus dem bisher Angeführten nicht wohl zugegeben werden. Ist aus Frankfurt eine dergleichen Beobachtung bekannt gegangen worden¹. DE LÜC hat eine ähnliche Beobachtung seines Vaters mitgetheilt². Indessen sind offenbar die sogenannten Blitze, welche er ohne allen begleitenden Donner aus Gewitterwolken, die sich über dem Jura gesammelt, ausfahren sah, nach seiner eigenen Beschreibung keine wahren Blitze, sondern vielmehr elektrische Ausströmungen nach Art von Feuer-Pinseln gewesen, da er ausdrücklich sagt, dafs sie nach allen Seiten ungleich gerichtete Luftströme gewesen seyen, die zum Theil divergirende Garben (gleich wahren Feuer-Pinseln) vorstellten hätten. Bald aber liefsen sich wirkliche Blitze mit erst schwachem Donner hören, und dann folgte ein Blitz mit furchtbarem Donnerschlage. Die Beweisführung, welche DE LÜC für die oben vorgetragene Theorie des Donners darauf stützt, ist uns daher durch diese Beobachtung nicht begründet zu

Eine ähnliche Beobachtung, welche BRANDES mittheilt, ist so wenig entscheidend. Er machte dieselbe in Breslau im Jahr 1803 an einer gar nicht grossen Wolke, die etwa 6 — 10 Fufs hoch stehen mochte. Sie blitzte fast unaufhörlich, ohne BRANDES einen Donner hörte, und schien ihm nicht so überaus entfernt zu seyn, dafs deshalb der Donner an dem ganz frühen Abend ihm hätte entgehen können; doch setzt er selbst

¹ Geschichte der ausserordentlichen Naturbegebenheit, da am 13. April 1785 durch einen zwiefachen Blitz ohne darauf erfolgten Donner die Reichsstadt Frankfurt an zweien verschiedenen Orten angezündet wurde. Von J. G. S. Frankfurt 1785. 8.

² J. d. P. 1791. S. 262.

Donnerhaus.

man, daß da die Entfernung sich nicht bestimmen
bleibe, unbestimmt, ob es *wirklich Blitze ohne Don-*
ren. Es allerdings 'giebt es eine elektrische Lichter-
in der Atmosphäre, die mit keinem Donner begleitet
sich. *Wetterleuchten* (Fulguratio), das vom
wohl zu unterscheiden ist¹. Daß wir ind-
Blitze eines sehr entfernten Gewitters am Hor-
Donner wir wegen der großen Entfer-
eine Erscheinung, welche wohl auch mit
Wetterleuchten verwechselt wird, ist kei-
fel unterworfen. Man hat nach einem solchen
leuchten, welche man wahrnimmt, solche
te Gewitter, welche über den Horizont herauf
Wetter. In der Ansicht jeder ächte Bl-
stürzen oder Schlage zu
einer Wolke mit einem
man seyn muß, so ist
ch in der Atmosphäre
das Zerplatzen der Fe-
herabfallen, stets mit
die indessen nicht
Blitzen vergesellschaftet, und dann wenigstens zum T-
en zuschreiben sind. P.

Donnerbüchse. s. Pistole, elektr.

Donnerhaus.

Maison de tonnerre; Thunder-House; ist ein
zur elektrischen Geräthschaft gehöriges, Modell eines
wodurch man die schädlichen Wirkungen des Wetters
auf ein ungeschütztes Gebäude und den Nutzen der Bl-
erläutert. A ist ein in Gestalt der Giebelseite eines
Fig. 177. ausgeschnittenes Brett, welches senkrecht auf dem Fu-
D aufgerichtet ist. Auf eben diesem Fußbrette stel-
etwa 8 Zoll von der Grundfläche des Brettes A, die an
Glassäule C D. An dem Brette A befindet sich ein vi-
Einschnitt I L M K etwa $\frac{1}{2}$ Zoll tief, und einen Zoll l-

¹ s. *Wetterleuchten.*

vierte, in welchem ein kleines Brettchen, liegt das beirahe m dieselbe Gröfse hat, damit es locker in dem Einschnitte ge, und bei dem geringsten Schütteln herausfalle. An dieses rechte Brettchen ist nach der Diagonallinie der Draht I. K befestigt. An dem Brette A befindet sich noch ein anderer Draht I II, von einerlei Stärke mit dem vorigen, an dessen zugspitztes Ende die messingene Kugel H angeschraubt wird, so daß der Draht N, der bei O in einen Ring umgebogen ist. In dem obern Ende der Glassäule C D geht ein gebogener Draht E mit einer Hülse F hervor, in welcher sich ein Draht mit Knöpfen an beiden Enden senkrecht verschieben läßt, dessen unterer Knopf G gerade über die Kugel H trifft. Die Glassäule C D steht nicht ganz fest im Fußbrette, sondern läßt sich ganz leicht um ihre Axe drehen, wodurch man denn den Knopf G der Kugel H näher bringen, oder von ihr entfernen kann, ohne den Theil E F G zu berühren. Wenn nun das rechte Holz L M I K (welches einen Fensterladen oder ein ähnliches vorstellen kann) in dem Einschnitte so gelegt wird, daß der Draht L K in der punctirten Lage I M liegt, so geht von H bis O eine vollständige metallische Verbindung gesch, und das Modell stellt nun ein Haus vor, welches geschützt mit einem ununterbrochenen metallischen Blitzableiter versehen ist. Wird aber das Holz L M I K so eingelegt, daß der Draht nach der Richtung L K steht, so ist die metallische Verbindung H O, die von der Spitze des Hauses bis an den Fuß gehen sollte, bei I M unterbrochen, und das Modell ist in diesem Falle ein Beispiel eines nicht gehörig beschützten Hauses.

Man lege nun das Holz auf diese letztere Art ein, stelle den Knopf G etwa einen halben Zoll hoch senkrecht über die Kugel H, drehe alsdann die Glassäule, und entferne dadurch den Knopf von der Kugel, verbinde den Draht E F durch eine Kette mit der innern Seite einer Verstärkungsflasche, und führe eine andere Kette von dem Ringe O bis an die äußere Öffnung eben dieser Flasche. Nachdem nun die Flasche durch eine Elektrisirmaschine geladen worden, drehe man die Glassäule zurück, und bringe den Knopf G nach und nach der Kugel näher. Wenn nun beide einander nahe genug kommen, so saugt sich die Flasche, und das Holz wird aus dem Einschnit-

te heraus auf eine beträchtliche Weite geschleudert. Nur der Knopf bei diesem Versuche eine Gewitterwolke vor welcher, wenn sie dem höchsten Orte des Gebäudes nahe kommt, die Elektricität in dasselbe schlägt, und da e gehörig durch ununterbrochene Leitung beschützt ist, diesen Schlag das Holz I M abwirft, d. h. einen Theil d Gebäudes zerschmettert. Hat man auch nur eine ganz un tende Menge Knallsilber in ein Papierchen gewickelt, angeklebt, so ist dieser Effect desto stärker, zum Kn Flasche gesellt sich noch die sehr heftige Explosion von stens $\frac{1}{4}$ Gran Knallsilber, und das viereckige Holz wird bloß fortgeschleudert, sondern auch noch in mehrere zerschmettert. Der Erfolg dieses Versuchs ist sicherer, die Leitungsdrähte an der innern Seite des Bretts hinauf und der Draht an dem viereckigen Stücke Holz gleichfall innen liegt, damit die Explosion beim Ueberschlage best von Innen nach Außen wirke.

Man wiederhole nun den Versuch mit dieser einzige änderung, daß man dem Holze I M die andere Lage gie welcher der Draht L K in die Richtung I M kommt, wo Leitung H O nicht unterbrochen ist; so wird der Schlag die geringste Wirkung auf das Holz L M thun, sondern e dasselbe in dem Einschnitte unbewegt bleiben, wodurch der Nutzen metallischer Ableitungen von gehöriger Cont überhaupt an den Tag legt.

Endlich schraube man von dem Drahte H I die mess Kugel H ab, so daß die Spitze des Drahtes bloß bleibt wiederhole nach dieser Veränderung beide eben angefi Versuche, so wird das Holz I M beidemal unbewegt bl auch wird man gar keinen Schlag bemerken, sondern es die Flasche stillschweigend entladen werden. Daß in dieser letztere Erfolg eines nach einem so kleinen Maßstat gestellten Versuchs den Vorzug der zugespitzten vor den st geendeten Ableitern nicht entscheide, darüber ist schon führlich unter dem Artikel „*Blitzableiter*“ die Red wesen.

Um diese Versuche noch unterhaltender und den Ers nungen der Gewitter selbst noch analoger zu machen, man auch die Vorrichtung der elektrischen Wolke nach K

Angabe ¹ zu Hülfe nehmen. Wenn diese an dem einen Ende eines hinlänglich, etwa 4 — 5 Fuß langen Hebels, der mit zwei Schneiden auf einen gut isolirenden Stative beweglich ruht, durch Drähte aufgehängt, und durch ein Gegengewicht am andern Ende ins Gleichgewicht gebracht ist, und durch einen Draht von der innern Belegung einer Leidner Flasche eine Zuleitung zu derselben gemacht wird, die so angebracht ist, daß der Draht an einem Haken oben im Stative eingehängt werden kann, von wo durch einen Stanniolstreifen, auf welchem die Schneide des Hebels ruhet, die weitere Leitung bis an das Ende des Hebels geht, an welchem die Wolke hängt; so wird, wie die Ladung der Flasche zunimmt, die Wolke allmählig von dem Munde des unterhalb derselben befindlichen Donnerhauses aus einer ansehnlichen Ferne angezogen werden, und in der Schlagweite sich auf denselben entladen.

Obige sehr einfache Einrichtung eines Donnerhauses ist von CAVALLO beschrieben. Wir fügen noch eine andere von SAUD DE LA FOND angegebene bei. Die vier Wände eines kleinen hölzernen Hauses sind mit dem Fußboden durch leicht bewegliche Charniere verbunden. Sie werden lothrecht aufgestellt, und in dieser Lage durch das aufgesetzte Dach erhalten, welches zu dem Ende einen Falz hat, in welchen die Ränder der Wände einpassen. Aus dem Dache geht durch einen Schornstein ein Metalldraht hervor, der sich oben in eine metallene Kugel endigt, und inwendig unter dem Dache auf einem Kupferbleche aufliegt, welches mit einer Patrone Schießpulver in Verbindung steht. Diese Patrone liegt zwischen zwei Säulen, deren eine von Metall ist, bis unter den Fußboden des Hauses hinabreicht, und durch eine Kette mit der innern Belegung einer Verstärkungsflasche verbunden ist. Ist nun die Flasche geladen, und ein mit ihrer innern Seite verbundener Knopf, etwa so wie bei CAVALLO's Donnerhause, auch die elektrische Wolke, die auf dem Schornsteine vorragenden Kugel genähert, so erfolgt die Entladung, der Schlag dringt in das Innere des Hauses, entzündet das Pulver, und erzeugt dadurch eine Explosion, welche das Dach abhebt,

¹ S. Blitz.

und die Wände aus einander wirft; eben so wie der Blitz nem gewöhnlichen Gebäude Zerstörungen anrichtet, v keine ununterbrochene metallische Leitung findet, son seinem Wege durch entzündbare, ihm widerstehende brechen muß. Will man nun das Haus gegen diese z de Wirkung schützen, so setze man es aufs Neue zu bringe wieder eine Patrone an den vorigen Ort, hä jetzt eine Kette, oder noch besser einen Draht an das Schornsteine hervorgehende Metall, und verbinde di der äußern Belegung der Flasche. Wird dann der wiederholt, so trifft zwar der Schlag, wie vorhin, die Schornstein stehende Kugel, aber er wird jetzt durch aufsen angehangenen Draht, auf einem kürzeren und l Wege zu seinem Ziele, nämlich zur äußern Seite de geführt, ohne das Innere des Hauses zu treffen, un schädigen — eine Darstellung im Kleinen von dem, v kommende Ableitungen aufsen an Gebäuden leisten, un unschädlich abzuführen, der ohne sie durch anlocke genstände sonst zum Verderben nach Innen geleitet wi der Patrone mit Schießpulver, zu dessen Entzündu ein stärkerer Schlag erforderlich ist, und das auch ö aus einander geworfen wird, kann man sich auch einer Büchse bedienen, die auf dem Boden des Hauses sich und die mit ihren beiden, in sie eingekitteten Dräht seits mit der Zuleitung vom Schornsteine, andererse eine Kette mit der äußeren Belegung der Flasche so v ist, daß der elektrische Schlag gezwungen wird, d hindurch zu gehen. Die Knallluft entzündet sich au den schwächsten elektrischen Schlag, wirft den Stö Gewalt und so das Dach in die Höhe, und wenn di Wandungen mit Hcede, die mit Harzpulver eingeriebet legt sind, so bricht die Flamme aus.

Daß sich noch mancherlei Abänderungen bei di gentlich nur zu den *elektrischen Spielwerken* { Apparate anbringen lassen, kann keinem Liebhaber ele Versuche unbekannt seyn. So hat unter andern Cur eine in einigen Stücken abgeänderte Vorrichtung dieser

brieben ¹, und andere Kleinigkeiten mehr, welche ich hier
 hier übergelasse.
 P.

Doppelbarometer. S. Barometer.

Drache, elektrischer.

*Draco volans papyraceus, observationibus electricis
 serviens; Cerf volant électrique; Electrical Kite.*
 Das bekannte Spielwerk der Knaben, welche einen aus Holz
 und Reifen oder Stäben und Papier zubereiteten Drachen an ei-
 ner Schnur halten, und vom Winde in die Höhe treiben lassen,
 nach DE ROMAS und FRANKLIN von mehreren Naturforschern
 ein Mittel gebraucht worden, einen leichten Leiter hoch in
 die Atmosphäre zu erheben und die Elektricität der Luft oder
 der Wolken dadurch herabzubringen, und führt daher, wenn es
 dieser Absicht eingerichtet ist, den Namen des elektrischen
 Drachen.

Das Spielwerk des fliegenden Drachen wird schon von DA-
 NIEL SCHWENTER ² beschrieben, der auch einen körperlichen
 Drachen verfertigen lehrt, und sich dabei auf einen noch älte-
 ren Schriftsteller JACOB WECKER ³ beruft. Wie der Wind einen
 solchen Drachen hebe, erklärt MUSSCHENBROEK ⁴. Es sey an Fig.
178.
 einem Stab AB die schlaffe Schnur DEC angebunden. Wenn
 man an irgend einem Punct derselben E noch die Schnur EM
 anfestigt, und bei M mit der Hand gehalten wird, die Fläche des
 Drachens aber mit der horizontalen Richtung des Windes OP ei-
 nen schiefen Winkel OPH macht, so läßt sich der Stofs des
 Windes OP gegen den Schwerpunct O in die beiden Theile OH
 und HP zerlegen. Wird dann angenommen, daß der Drache
 durch die Schnur EM festgehalten werde, so findet der Theil
 der Kraft HO einen unüberwindlichen Widerstand, der Drache

¹ Cavallo vollständige Abhandlung der Lehre von der Electricität
 d. Engl. 4te Ausgabe 1797. I. Bd. S. 209. Sigaud de la Fond Dic-
 tionnaire de Physique. Article: Maison de Tonnèrre. Joh. Cuthbert-
 sons Abhandlung von der Electricität. Leipzig 1786. S. 20. 21.

² Mathematische Erquickstunden. Nürnberg 1651. 4. Th. I. S. 472.

³ In Secretis fol. 187.

⁴ Introd. ad philos. nat. §. 573.

normal gezogenen Linien mit der Richtung des Windes einen Winkel von $54^{\circ} 34'$ machen. Die Schnur wird stark angezogen, und man läuft damit dem Winde seinen Stoß gegen die Fläche noch mehr zu. lassen sich dergleichen Drachen an einer langen Schnur in starken Winde auf beträchtliche Höhen treiben.

Die Ehre der ersten Idee, den fliegenden Drachen zur Untersuchung der Elektricität der Atmosphäre und zur Messung derselben zu gebrauchen, gebührt gleichmäfsig dem DE ROMAS, Landgerichts zu Nerac und BENJAMIN FRANKLIN. Der Letztere, welchen Ersterer den 12. Juli 1752 an die Academie der Wissenschaften zu Bourdeaux schrieb, sagt er selbst, es ihm am 9ten desselben Monats geglückt sey, die elektrischen Materien aus einer eisernen Stange zu ziehen, und auch daselbst einen elektrischen Drachen anzuheben. Er that dies zu einer Zeit, ganz unabhängig von DE ROMAS, und ohne dessen Versuchen desselben wissen zu können, nämlich im Jahr 1750. Als kam BENJ. FRANKLIN in Philadelphia auf den Gedanken, und führte ihn mit dem glücklichsten Erfolge aus. Er nahm zu dem Ende ein großes seidenes Schnupftuch über ein Stäbchen gelegt, und liefs dasselbe bei Gewittern, und bei dem ersten aufsteigenden Gewitters an einer handförmigen Stange in die Höhe, an deren unterstes Ende er einen Schlüssel befestigte. Schon war eine vielversprechende Wolke erschienen, als die erste Wirkung vorübergezogen, als er einige Locken

ammelte sich die Elektricität in dem Schlüssel sehr häufig. DE ROMAS trieb diese Versuche im Jahre 1753 noch weiter, und gab dem elektrischen Drachen zugleich eine weit bequemere und zweckmäßigere Einrichtung. Er bediente sich einer mit Kupferdrahte nach Art der Violinsaiten umflochtenen hanfenen Schnur an einem papiernen Drachen, welche $7\frac{1}{2}$ Fuß Höhe, 1 Fuß Breite und 18 Quadratfuß Fläche hatte, und dessen Papier geölt war. Die hanfene Schnur war unten an eine trockene Leinwandene Schnur befestiget, die unter einem Wetterdache von dem Regen beschützt, und an ein mit einem Steine beschwertes Pendulum gebunden war. Dadurch war die hanfene Schnur isolirt und die Elektricität wurde mehr angehäuft, das Pendulum konnte der Stärke des Windes nach Erfordern nachgeben. Endlich hing er an das Ende der hanfenen Schnur eine blecherne Röhre, welche als Conductor diente, um die Funken daraus zu ziehen.

Mit dieser Geräthschaft gelang es DE ROMAS, aus den Wolken eine stärkere Menge Elektricität herabzubringen, als jemals wohl vor als nach ihm durch irgend eine Veranstaltung erhalten worden ist. Als der Drache an einer 780 Fuß langen Schnur, welche mit dem Horizonte einen Winkel von beinahe 45 Grade machte, 550 Fuß hoch gestiegen war, zog er am 7ten Jun. 1753 Nachmittags um halb 8 Uhr (nachdem um 1 Uhr zu einer Zeit, da es von Osten her donnerte, die Versuche angefangen worden waren) aus seinem Conductor durch einen an einer isolirten Handhabe gehaltenen Funkenzieher, von welchem eine Röhre auf den Erdboden herabhing, Funken, deren Schall man 10 Schritte weit hörte. Er fühlte auf seinem Gesichte die beständige Empfindung der Elektricität, als ob Spinnewebe über seinen Kopf gezogen würden, ob er gleich drei Fuß weit von der Schnur entfernt stand. Gegen den Conductor, der ohngefähr 10 Fuß hoch über der Erde hing, erhoben sich vom Boden drei Strohhalme, wovon der längste einen Fuß hoch war, und sich aufrecht, und tanzten, wie Puppen, im Kreise herum, ohne einander zu berühren. Nachdem dieses Schauspiel etwa 15 Minuten gedauert hatte, fing es an zu regnen, die zunehmende Empfindung von Spinnewebe und ein anhaltendes Rauseln kündigte Verstärkung der Elektricität an. Endlich rührte der längste Strohalm von dem blechernen Rohre angezo-

gen, worauf drei Explosionen erfolgten, deren Laut von mit dem Platzen einer Rakete, von andern mit dem Zerirdener Krüge gegen einen gepflasterten Boden verglichen wurde. Man hörte diesen Laut bis mitten in die Stadt (dort wurden in der Vorstadt angestellt) und der dabei folgende Feuerstrahl war 8 Zoll lang und 5 Linien dick. Strohhalme, die die Explosion veranlaßt hatte, ward die Schnur des Drachen hin auf 45 — 50 Toisen weit abgezogen und zurückgestoßen; bei jedem Anziehen folgte ein Feuerstrahl mit einem Knalle. Man spürte einen Pflastergeruch, und rings um die Schnur zeigte sich, obgleich hellem Tage, ein Lichtcylinder von 3 — 4 Zoll Durchmesser. In der Erde entdeckte man, gerade unter dem Conduitlech von 1 Zoll Tiefe und 1 Zoll Weite, welches durch die Explosionen verursacht worden. Endlich warfen die Regengüsse den Drachen herab. Im Niederfallen verwickelte die Schnur in einem Dache, und die Person, die sie losmachte, empfand in den Händen und durch den ganzen Körper eine heftige Erschütterung, daß sie genöthigt ward, die Schnur sofort fahren zu lassen, welche auch noch einigen Personen, deren Füße sie fiel, einen erschütternden Schlag gab. Die heftigen Wirkungen der Elektrizität veranlaßten De Rönne, zur mehrerer Sicherheit bei ähnlichen Versuchen, einen Auslader zu erfinden.

Bei einem andern Versuche am 16ten Aug. 1757 wurden Feuerstrahlen, welche aus der Schnur des Drachen gegen eine nahe dabei aufgestellten Leiter fuhren, 10 Fuß lang und 1 Zoll dick, und ihr Knall glich einem Pistolenschusse. De Rönne erzählt in einem Briefe an NOLLET ¹ daß er in weniger Stunde Zeit auf dreißig Feuerstrahlen von dieser Größe erhalten habe, viele hundert kleinere von 7 Fuß Länge und unter ungerechnet, welche allezeit von der Schnur am nächsten dabei stehenden Leiter trafen.

Bei Gelegenheit seiner Versuche im Jahre 1750 fand MAS bereits, daß ein wie oben zugerichteter elektrischer Drache auch bei sehr heiterer Witterung, wo sich kein Anschein

¹ Mém. présentés IV. 514.

in Gewitter zeigte, dergestalt elektrisch werden könne, daß in Faden Funken giebt, welche in denjenigen, die sie mit den Fingern ausziehen, starke Erschütterungen hervorbringen. Je stärker der Drache durch den Wind getrieben wurde, um so stärker war diese Elektricität. Bisweilen zeigten sich einzelne kleine weiße Wolken, welche, indem sie sich dem Drachen näherten, die Elektricität zu schwächen schienen ¹.

BECCARIA in Turin hat sich bei seinen zahlreichen Versuchen über die Elektricität der Wolken ebenfalls des elektrischen Drachens bedient. Er wand die Schnur desselben auf einen Haspel, der auf gläsernen Pfeilern ruhte, und verband den Conductor mit der Axe des Haspels. DE ROMAS hat nachher einen eigenen elektrischen Wagen angegeben, den man von einem Orte zum andern führen, und die isolirte Schnur des Drachen darauf sicher aufwinden und nachlassen kann, ohne sie zu berühren. BRISSON ² beschreibt diese Maschine sehr umständlich; sie ist aber allzusehr zusammengesetzt, um in dem elektrischen Apparat allgemein aufgenommen zu werden. Auch MUSSCHENBROEK stellte dergleichen Versuche wiederholt im Jahre 1756 und 1757 an, und erhielt gleichfalls bei vollkommen heiterem Wetter und sehr trockener Luft aus einem Schlüssel an der Innur des Drachen, der 700 Fuß hoch in die Luft gestiegen war, sehr merkliche Funken, welche, wenn mit der andern Hand ein Baum angefaßt wurde, mit einer sehr heftigen Erschütterung verbunden waren ³. Aehnliche Versuche sind seitdem oft wiederholt worden.

CAVALLO giebt folgende einfache Vorrichtung zur Prüfung der atmosphärischen Elektricität mittelst des elektrischen Drachens an. Man gebraucht dazu am besten gewöhnliche papierne Drachen, vier Schuh lang und wenig über zwei Schuh breit, die man mit Firniß überzieht, oder in gesottenem Leinöl tränkt, damit sie der Regen nicht durchnässe und zerreiße. Die papiernen und leinenen erfordern starken Wind, und sind ohne Nutzen theurer und schwerer zu verfertigen, als die papiernen. Holzene Drachen, als die angegebenen sind schwer zu behandeln,

1 Mém. des Savans étrangers Tome 2. 1755.

2 Dict. raisonné de Phys. Art. Charriot électrique.

3 Introd. Tom. I. p. 295.

und diese sind schon stark genug, um eine hinreichende von Schnur in der Höhe zu erhalten.

Der wesentlichste Theil der Zubereitung ist die Schnur ein sehr guter Leiter seyn muß. CAVALLO fand, nach vielen mißlungenen Proben, daß man die beste Schnur, wenn man einen unächten Goldfaden (d. i. einen seidenen leinenen Faden, mit einem dünnen Kupferblättchen überwie sie zu unächten Stickereien gebraucht werden), mit sehr dünnen Bindfaden zusammendrehet. Aechte Gold- oder Silberfäden würden bessere Dienste thun, wenn sie nicht der nöthigen Länge der Schnur zu kostbar wären. Die Schnur, den Bindfaden selbst durch Ueberziehen mit Lampen- oder Kohlenstaub u. dgl. zu einem guten Leiter zu machen, ist nicht zu empfehlen, weil sich diese Materien leicht abreiben. Einweichen des Bindfadens in Salzwasser that zwar ganz gute Dienste, war aber sehr unbequem, weil sie beim Gebrauche selbst die Hände verätzte. Zwei Bindfäden mit einem Messingdrahte zusammengedreht, hielten nicht gut, weil der Draht sich an manchen Stellen drehte und von einander brach.

Die isolirten Knäuel, elektrischen Wagen und ähnliche Vorrichtungen, um sich während des Steigens des Drachen gegen die Gefahr des Schlags zu schützen, hält CAVALLO für überflüssig. Er meint, außer der Zeit eines Gewitters sey es mit den Schlägen aus der Schnur keine Gefahr; bei einem Gewitter aber sey es, selbst beim Gebrauche der möglichsten Vorsicht, nicht rathsam, den Drachen steigen zu lassen, wenn man ihn nicht schon vorher in die Höhe gebracht habe. Es scheint dies letztere gerade eben soviel zu seyn, als einen Leiter aufzurichten, indem das Gewitter eben über den Drachen steht. Ueberdies ist bei einem Gewitter die Elektricität so merklich, daß man sie durch weit leichtere und sicherere Mittel, als durch den Drachen, beobachten kann¹. Ist schon die Luft während des Steigens sehr stark elektrisch, rathet er bloß an, den Haken einer Seite an die Schnur zu hängen, und das Ende derselben auf dem Boden herabfallen zu lassen, sich selbst aber zu allem Ueberflusse auf einen isolirten Knäuel zu stellen.

1 S. *Electricitätszeiger*.

in Stuhl zu stellen. Durch dieses Mittel wird der Elektricität der Uebergang zur Erde, als zu ihrem Ziele, durch die Kette bewiesen, der isolirte Körper hingegen verstattet ihr keinen Weg.

Ist nun der Drache hoch genug gestiegen, so zieht man die Schnur durchs Fenster in ein Zimmer, bindet eine starke seiden Schnur daran, und befestigt das Ende derselben an einem schweren Tisch. Auf diesen Tisch wird ein kleiner isolirter Conductor gestellt, und durch einen Draht mit der Schnur verbunden. Man könnte auf diesen Conductor, wie gewöhnlich, ein Quadrantenelektrometer befestigen; da er aber durch das Wanken der Schnur oft umgeworfen wird, so ist das Elektrometer vor dem Zerbrechen sicherer, wenn man es auf einem Ständer, mit Siegellack überzogenen Stativen so neben den Conductor stellt, daß es denselben berührt. Dieses Elektrometer zeigt dann die Stärke der in der Luft befindlichen Elektricität.

Um ihre positive oder negative Beschaffenheit zu prüfen, kann man eine Glasröhre gebrauchen, an deren einem Ende ein Knopf mit einem Knopfe eingeküttet ist. Man fasset das andere Ende an, und berührt die Schnur am Drachen mit dem Knopfe des Drahts. Da die Schnur isolirt ist, so theilt sie dem Drahte wenig von ihrer Elektricität mit, welches schon zureicht, die Beschaffenheit derselben zu bestimmen, wenn man den Knopf des Drahtes an ein elektrisirtes Elektrometer bringt. Ist die Elektricität nicht stark, so kann man ihre Beschaffenheit an der Hand selbst durch Annäherung eines elektrisirten Elektrometers untersuchen. Ist kein Elektrometer bei der Hand, so kann man aus dem Conductor eine Flasche laden, welche ihre Ladung Zeitlang behält, und also gelegentlich mit dem Elektrometer untersucht werden kann. Hierzu ist besonders die von CARL angegebene Flasche bequem, die man geladen bei sich haben kann ¹.

Ist die Elektricität des Drachen sehr stark, so kann man sechs Zoll weit von der Schnur eine mit dem Boden in Verbindung stehende Kette befestigen, welche die Elektricität,

¹ S. *Leidner Flasche*.

im Falle sie gefährlich werden sollte, durch einen Faden nehmen, und in die Erde führen wird.

Mit dieser Geräthschaft hat CAVALLO in den Jahren 1775 und 1776 eine Reihe von Beobachtungen über die Elektrizität der Atmosphäre angestellt, deren Resultate bei dem *Luftelektricität* angeführt werden sollen. Nur einmal, am 18^{ten} Oct. 1775, begegnete es ihm, daß beim Gange einer Regenwolke über den Scheitel die Elektricität, die sich vorher schnell aus einer positiven in eine negative ändert hatte, ungewöhnlich stark ward. Er entschloß sich daher aus Besorgniß eines unangenehmen Zufalls, die Schnur aufzuheben, und band in dieser Absicht keine Kette bei der Hand hatte, die seidne Schnur aber während dieser Beschäftigung, die kaum eine halbe Minute dauerte, bekam er zwölf bis fünfzehn starke und heftige schütternde Schläge in den Armen, der Brust und den Beinen. Er band nun die Schnur unmittelbar an einen Stab, aber dieser nur ein schlechter Leiter war, so fing sie an den Fensterrahmen, als den nächsten leitenden Körpern zu schlagen, welche man weit hörte. Diese Funken wurden immer schneller, und ihre geschwinde Folge verursachte einen Laut, der dem Rasseln eines Bratenwenders glich. Sobald die Wolke vorüber war, hörte diese starke Elektricität sogleich auf. Es ward aber weder an diesem, noch einig vorher und hernach etwas einem Gewitter ähnliches bemerkt.

Man sieht hieraus, daß der elektrische Drache, vortreffliches Mittel zur Untersuchung der Lufterlektricität auch ist, dennoch bei starken Graden der Elektricität unzulänglich bei Gewittern mit vieler Vorsicht behandelt werden müsse. CUTHBERTSON hat eine eigene etwas complicirte Vorrichtung beschrieben, und auf einer eigenen Kupfertafel bildet, um den Drachen mit Bequemlichkeit und Sicherheit die Höhe steigen zu lassen. Indessen möchten kleine Aëren mit brennbarer Luft gefüllt, die man aus Goldschlägen leicht schon von ansehnlicher Größe anschaffen kann, bessere Dienste, als der Drache thun. Sie haben den oben den Vorzug vor diesem, daß sie auch bei ganz windstiller Wetter steigen, und daß sie noch zu größeren Steighöhen

Drachen - Kopf, - Monat, - Schwanz. Drehwaage. 591

nicht werden können. Sie sind auch bald nach den ersten
statischen Versuchen vom ABBÉ BERTHOLON in Montpellier,
HARTENBERG in Göttingen, und andern mit Vorthail zur Unter-
suchung der atmosphärischen Elektricität gebraucht worden ¹.

Drache, fliegender. S. Feuerkugel.

Drachenkopf.

caput draconis; ist ein veralteter Name für den aufsteigen-
den Knoten der Mondsbahn.

Nach KEPLER ² ist dieser Name von den Arabern herge-
nommen. Er leitet diesen und die folgenden Ausdrücke aus der
geraden und schmalen (also schlangenförmigen) Gestalt des
Himmels her, der an der Himmelskugel durch die Ekliptik
und die Mondsbahn eingeschlossen wird. Unter den beiden
Punkten, in welche dieser ausläuft, stelle die eine den Kopf
oder Schnabel der Schlange oder des Drachen, die andere den
Schwanz vor. B.

Drachenmonat.

mensis draconiticus; ist bei den ältern Astronomen die
Zeit, welche der Mond gebraucht, um vom aufsteigenden Kno-
ten bis wieder zum aufsteigenden Knoten zu gelangen. B.

Drachenschwanz.

cauda draconis; ein veralteter Name für den niedersteigen-
den Knoten der Mondsbahn. B.

Drahtbrücke. S. Hängebrücke.

Drehwaage.

Coulomb's Waage; *Jugum Coulombicum*; Ba-
lance de Coulomb, balance de torsion, balance élec-
trique; *Coulomb's balance*.

¹ Priestley, Geschichte der Elektricität durch Krünitz S. 116,
A. S. 222. u. f. Die Elektricität der Lufterscheinungen. Aus dem
französischen des Abt Bertholon de St. Lazare. Leipzig 1792. 1ster Bd.
3tes Kapitel. Von den elektrischen Drachen S. 25. John Cuthbertsons
Handl. von der Elektricität. Leipzig 1786. S. 28. Cavallo's vollst.
Handlung 4te Auflage 1797. I. Band S. 317 figd.

² Epitome astronom. Cop. Lib. VI.

ten Fadens aus der Größe des von den Enden durchlaufenen Bogens ¹. Später dehnte er die U auch auf metallene Drähte aus ², und gebrauchte den construirten Apparat nachher auch zu andern namentlich *elektrischen* und *magnetischen* Forschungen wegen derselbe auch den Namen der *elektrischen Waage* erhielt. Man darf also allerdings annehmen, daß die Bemühungen, die Elasticität fadenförmiger, gegenaxe gedrehter Körper zu erforschen, auf seiner Waage unmittelbar geführt sey; allein aus dem zugleich, daß schon früher um 1768 MICHELL einen Apparat construirte, womit er die Repulsion der Kugeln maß ³, und welcher ihm ohne Zweifel gleichfalls die Veranlassung zur Construction derjenigen Drehwaage gab, welche später CAVENDISH zur Auffindung der Dichtigkeit der Materie gebrauchte. MICHELL's erster Apparat bestand aus einem dünnen, auf einer feinen Spitze balancirten Hebelarm mit einem höchst dünnen Bleche an dem einen Ende und einer kleinen magnetischen Spitze am andern zum Einstecken in den magnetischen Meridian, bei seinem Umdrehen hatte er zur Vermeidung der, wenn auch noch so geringen Reibung auf dem Stifte den Hebelarm an einem Punkte aufgehängt, welche höchst zweckmäßige Methode von Anfang an befolgte. Wie dem auch sey, so dürfte

und praktisch höchst brauchbaren, vielfache Abänderungen erhaltenden Apparates ansehen.

Die *Drehwaage* ist im Allgemeinen bestimmt, sehr kleine Kräfte des Stosses, der Anziehung, Abstossung u. dgl. zu messen, indem man dieselben gegen einen horizontalen Hebelarm $a b$ wirken läßt, welcher an dem in d befestigten Faden Fig. 179. frei schwebt, durch die Elasticität desselben, wenn er um die Axe gedreht wird, den einwirkenden Kräften widersteht, und durch diesen Widerstand die letzteren meßbar macht. Danach wird die Drehwaage um so empfindlicher seyn, je länger der Hebelarm $a c$ und der ihn tragende Draht $d c$, und je geringer der Widerstand der Drehung ist, welchen der Faden ausübt, vorausgesetzt, daß derselbe zugleich hinlänglich elastisch sey, und nach der erforderlichen Umdrehung um seine Axe den Hebelarm wieder auf seinen ursprünglichen Stand zurückführe. Man kann daher auch unter den allgemeinen Begriff der Drehwaage das Aufhängen der Magnetnadeln an Spinnfäden oder Seidencoconfäden rechnen.

Oft kann es nur darum zu thun seyn, überhaupt zu wissen, ob irgend eine abstossende Kraft vorhanden sey, welche man zu erkennen wünscht, auch wenn sie nur verschwindend klein ist, oft aber ist die Kraft bedeutend stärker, und es kommt darauf an, ihre grössere oder geringere Intensität unter verschiedenen gegebenen Bedingungen zu finden. Die Drehwaage giebt die Mittel, alle diese verschiedenen Kräfte von der kleinsten bis zur grössten zu messen. Wird nämlich ein sehr langer Hebelarm an einem Spinnfaden aufgehangen, so haben manche gelehrt, daß solche Fäden mehrere tausendmale um die Axe gedreht werden können, ohne eine meßbare Reaction auszuüben¹, und sie setzen daher einer sie bewegenden Kraft ein unendlich kleines Hinderniß entgegen, sind aber eben deswegen zum Messen untauglich, weil ein an ihnen aufgehängter Hebelarm, durch eine zufällig veranlasste Oscillation in Be-

¹ Aus Phil. Tr. bei Robison Mec. Phil. I. 377. BENNET drehte an solchen Fäden mehrere tausendmale um seine Axe, fand ihn um nur als ein Viertel seiner Länge verkürzt, ohne ein Bestreben nach Rückdrehung zu entdecken. S. Young Lectures on Nat. Phil. I. 141. Bd. II.

wegung gesetzt, an jedem beliebigen Orte ruhen könnte. defs läßt sich nach MICHELI's Verfahren ¹ ein Mittel für einem solchen Apparate die feinste Reaction zu geben, man ihn mit einer Magnetnadel verbindet, welche man derum von der allerschwächsten bis zu derjenigen Gröfse len kann, daß der Spinnefaden noch gerade hinreicht, das wicht des Waagebalkens zu tragen. Wollte man vermittles solchen Apparates die geringsten abstossenden Kräfte, nach FRESNEL's sinnreicher Angabe die Repulsion der Wä

Fig. 180. messen, so würde ich vorschlagen, den Hebelarm a b aus dünnen Grashalme zu verfertigen und an diesem die k Bleche a und b zu befestigen, durch denselben in der Mitte eine Endchen Draht c e zu stecken, an dessen Haken Spinnefaden, am andern Ende e aber die nach Erfordern Magnetnadel n s zu befestigen, welche gerade hinreichen den Hebelarm in den magnetischen Meridian zu richten.

Sollen vermittelst der Drehwaage gröfsere Kräfte stärkere Reaction gemessen werden, so hängt man den A einigen Fäden ungezwirnter Seide auf, welche der Drehur einander so viel stärkeren Widerstand entgegensetzen, je gröf ihre Menge ist. Inzwischen gestatten diese, eben wie die Magnetnadeln, nicht ohne grofse Schwierigkeiten eine eigene Messung der einwirkenden Kraft, und wenn es daher auf die Messung ankommt, so muß man nach COULOMB's Vorschlage Magnetdrähte zum Aufhängen des Waagebalkens wählen. Will man ferner die abstossende Kraft der Elektrizität untersuchen, die Drehwaage als *Elektrometer* gebrauchen, so verfertigt man den Waagebalken aus einer dünnen Glasröhre oder aus einem feinen Cylinder Schellack, welchen man leicht erhalten kann, wenn man ein Stück Schellack an einem Kerzenflamme erweicht, und erforderlichen Falls in bedeutender Länge dieser Art des Glases auszieht. Zum horizontalen Balanciren des Balkens hängt man von seiner Mitte herab eine feine Stecknadel den Knopf nach unten gekehrt, an den Enden aber zwei kleine Kugeln von dem Marke der Sonnenblume oder von kleinen Scheibchen Rauschgold befestigt. Um den Luftzug abzu-

1 Priestley a. a. O.

2 Ann. Ch. Ph. XXIX. 57 u. 107.

wird der Apparat in einen gläsernen Behälter gebracht, und weil so weite und lange Cylinder, als einerseits die Länge der Hebelarme und andererseits die Länge des Drahtes erfordern, kostbar seyn würden, und viel Raum einnehmen, so besteht die gläserne Umgebung der Drehwaage aus einem weiten Cylinder AB mit einer Glas- oder Messing-Platte bedeckt, auf welcher ein enger, aber längerer Cylinder DC aufgerichtet steht. Im weiten Cylinder befindet sich ein getheilter Kreis $\alpha\alpha$, über welchem der Hebelarm schwebt, so daß man den von dem Ende desselben durchlaufenen Bogen messen kann, und oben ist gleichfalls ein im Cylinder drehbarer getheilter Kreis $\gamma\gamma$ angebracht, daß man seine Grade mit denen des unteren correspondirend einstellen kann, zugleich aber ist an dem Knopfe I , worin der Draht oder Faden der Drehwaage fest sitzt, ein Zeiger angebracht, welcher auf die Grade des oberen Kreises zeigt und anzeigt, wie viele Male man den Faden um seine Axe gedreht hat. Für den elektrischen Gebrauch wird der obere Cylinder über dem unteren Kreise durchbohrt, und durch diese Oeffnung ein Draht mit zwei kleinen Knöpfchen β, β gesteckt, denen man von aussen die Elektricität mittheilt, durch welche die Kugel an dem einen Arme der Waage abgestossen wird. Die Grösse des Bogens, um welchen sich die Kugel von dem Knöpfchen entfernt, dient dann zum Messen der Stärke der elektrischen Repulsion.

Man giebt dem Hebelarme der Drehwaage eine grössere oder geringere Länge, je nach den Untersuchungen, die man damit anstellen will, indem die Kraft, welche am Ende dieses Hebelarmes angebracht eine Umdrehung des Fadens um seine Axe wirkt, für gleich grosse Bogen der Länge des Hebelarmes umkehrt proportional ist. Für geringe Kräfte muß man daher lange Hebelarme wählen. Ist der Faden, woran der Waageball hängt, nach dem oben gegebenen Vorschlage ein Spinnefaden, so kann derselbe nur kurz seyn, weil dieser einer Umdrehung um seine Axe keine meßbare Reaction entgegengesetzt; steht derselbe aber aus mehreren ungezwirnten Seidenfäden oder aus einem feinen Metalldrahte, so müssen beider Längen so grösser seyn, je kleinere Kräfte man damit zu messen beabsichtigt. Rücksichtlich der Metalldrähte insbesondere hat LOMB aufgefunden, daß der Widerstand, welchen dieselben

einer Drehung um ihre Axe entgegensetzen, im umgekehrten Verhältnisse ihrer Länge und im geraden der vierten ihres Halbmessers steht ¹. Außerdem lassen sich die Drähte mehrere Grade umdrehen, und kommen losgelassen wieder auf ihren anfänglichen Standpunct zurück, in Hinsicht der Messingdraht vorzüglich brauchbar ist. C erhielt Saiten von Messing, N^{ro}. 12 und 7 in einer Länge etwa 3 F. 30 Stunden lang 7 mal durch einen ganzen Kreis umgedreht, und sie kamen dennoch mit unveränderter Elasticität wieder auf ihren anfänglichen Standpunct zurück. Es wird aber unten gezeigt werden, daß man die Kraft der Schwerkraft auf den Hebelarm der Drehwaage wirkt, am bequemsten aus der Zeit der Oscillationen desselben, verglichen mit der Zeit des einfachen Secundenpendels, messen kann.

Auf welche Weise jederzeit bei Versuchen mit der Drehwaage die erhaltenen Resultate zu berechnen sind, wird in den einzelnen Anwendungen derselben erwähnt werden. Schon zeigt COULOMB ² und nach ihm noch leichter BORDU, eine allgemeine Methode dieser Berechnung unter der durch Erfahrung gefundenen Voraussetzung, daß der Widerstand, den ein um seine Axe gedrehter Metalldraht der drehenden Kraft entgegensetzt, dem Winkel der Drehung proportional ist, solange die Drehung nicht über die Elasticität des gedrehten Drahtes hinausgeht, der Draht also losgelassen wieder zu seinem Ruhestand zurückkommt.

Drehet man den Waagebalken, welcher an dem Draht beliebiger Länge befestigt ist, aus dem Stande der Ruhe durch den lothrecht herabgehenden Draht gegebene Axe überläßt ihn dann sich selbst, so wird er durch die Elasticität des Drahtes rückwärts bewegt um diese Axe oscilliren, und diese Bewegung gehört also unter die allgemeine Classe der Oscillationen um eine feste Axe. Wird also angenommen, ein Körper in der Entfernung = r von der Rotationsaxe in der Zeit = t eine Winkelgeschwindigkeit = ω erhalten, so wird diese = $r \omega$ seyn für einen Punct in der Entfernung =

¹ S. *Elasticität*.

² Mém. de l'Ac. 1784. p. 231.

³ Traité I. 520.

Dieser Axe. Nennt man die beschleunigende Kraft, welche vermöge der Drehung des Drahtes diesen Punct perpendicular auf den Radius r bewegt $= \varphi$, so würde diese ihm als frei und allein bewegt gedacht in dem Zeitelemente dt eine Vermehrung der Geschwindigkeit $= \varphi dt$ mittheilen, und somit in der Zeit $t + dt$ seine Geschwindigkeit $= r\omega + \varphi dt$ seyn. Weil aber jeder Punct mit allen übrigen Puncten des Körpers fest verbunden ist, und sie sich daher ihre Bewegungen gegenseitig mittheilen, so wird die mittlere Winkelgeschwindigkeit, welche für die Zeit $t = r\omega$ war, in der Zeit $t + dt = r\omega + r d\omega$ seyn. Wenn man aber dem angenommenen Puncte diese mittlere Winkelgeschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung seiner wirklichen Rotation mittheilte, und dieses zugleich für jedes Element des Körpers, so müßte wegen ihrer Verbindung unter einander und ihrer wechselseitigen Reaction ihre Rotation während des Zeitelementes dt völlig verschwinden. Es werden aber die Geschwindigkeiten $r\omega + \varphi dt$ und $r\omega + r d\omega$, wenn sie jedem einzelnen Puncte in entgegengesetzter Richtung zusammenkommen, sich gegenseitig das Gleichgewicht halten; und da man sie für jeden Punct eines Elementes des Körpers $= dm$ constant ansehen kann, so wird dieses nämliche Gleichgewicht auch für alle Größen der Bewegung $(r\omega + \varphi dt) dm$ und $(r\omega + r d\omega) dm$ statt finden. Sucht man demnach die statischen Momente dieser Kräfte in Beziehung auf das gemeinschaftliche Centrum der Oscillation, indem man sie mit r , als der Länge des Hebelarmes multiplicirt, an dessen Ende sie wirken angenommen werden, welches $(r\omega + \varphi dt) r dm$ und $(r\omega + r d\omega) r dm$ giebt, so müssen die Summen dieser Momente für die ganze Ausdehnung des Körpers gleich seyn, oder

$$\int (r\omega + \varphi dt) r dm = \int (r\omega + r d\omega) r dm;$$

und wenn man aus beiden Größen $\int r^2 \omega dm$ wegnimmt, so ist

$$\int r \varphi dt dm = \int r^2 d\omega dm.$$

Indem ferner die Zeit und die Winkelgeschwindigkeit ω nach dem Abstände vom Centrum der Oscillation gemessen für jeden Punct gleich sind, so kann man diese unter dem Integralzeichen wegnehmen, und erhält somit

$$d \int \varphi dm = d\omega \int r^2 dm.$$

Das letztere dieser Integrale hängt ab von dem Trägheitsmomente des Körpers in Beziehung auf die Entfernung r der Umdrehungsaxe, das erstere theils von der Gestalt des Körpers, theils von der Intensität der Kraft φ . Es drückt φdm die Kraft aus, womit die Elasticität der gedrehten Saite das Element des Körpers dm in der Entfernung r von der Umdrehungsaxe fortstößt, und $r\varphi dm$ ist das statische Moment hiervon; oder aber die Kraft $r\varphi dm$, auf das Ende des Armes n perpendicular wirkend, würde einen gleichen Effect hervorzubringen, als die Kraft φ auf das Element dm . Die Summe dieser Kräfte, in der Entfernung $= 1$ von der Umdrehungsaxe und der durch Drehung der Saite erzeugten Spannung entgegenwirkend, keine vorher erlangte Winkelgeschwindigkeit ausgesetzt, würde den Körper in Ruhe bringen, und eine Bewegung durch die Elasticität des Fadens aufheben. Heißt n die Kraft, welche auf das Ende des Armes von einer Entfernung $= 1$ normal wirkend diesen zum Stillstande bringt, und X man den Bogen, um welchen diese Kraft den Hebelarm von seinem Ruhepunkte an der Elasticität der Saite entgegenbewegt hat, gleichfalls zur Einheit an, so muß $n X$ diejenige Kraft seyn, welche ein ähnliches Gleichgewicht, oder den Stillstand des umgedrehten Armes für einen Winkel $= X$ hervorbringt. Die beiden Kräfte $n X$ und $\int r\varphi dm$ müssen daher einander gleich seyn, weil bei ihrer entgegengesetzten Wirkung die Bewegung $= 0$ wird, und es ist also

$$n X = \int r\varphi dm.$$

Wird dieser Werth in die allgemeine Gleichung für die Bewegung der Körper ¹ substituirt, so ist

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{n X}{\int r^2 dm}; \text{ oder kurz } \frac{d\omega}{dt} = \alpha^2 X.$$

Heißt der Bogen, durch welchen man den Hebelarm von seinem Ruhepunkte an (wobei also die Saite gar nicht gedreht

¹ Vergl. Th. I. p. 951.

st) bewegt hat, A , die Entfernung vom Ruhepunkte aber, wo sich derselbe in der Zeit t befindet, X , so ist $A - X$ der vom Anfange seiner Bewegung an durchlaufene Bogen, und da die-
 er in der Entfernung $= 1$ von der Umdrehungsaxe gemessen
 wird, so findet man die der Zeit $= t$ zugehörige Winkelge-
 windigkeit

$$\omega = - \frac{dX}{dt};$$

bei das — Zeichen deswegen erforderlich ist, weil die Ge-
 windigkeit zunimmt, je kleiner X wird. Wird diese Glei-
 chung abermals differentiirt, indem dt constant bleibt, so ist

$$\frac{d\omega}{dt} = - \frac{d^2 X}{dt^2}$$

und hierin substituirt

$$\frac{d^2 X}{dt^2} = - \alpha^2 X;$$

won das Integral

$$X = a \sin. (\alpha t + b)$$

zwei willkürlichen Constanten, welche aus den Bedin-
 gen der anfänglichen Bewegung bestimmt werden müssen.
 In den Versuchen mit der Drehwaage läßt man den Waagebalken
 um gewissen Winkel $= A$ vom Ruhepunkte an um die Rota-
 tionsaxe beschreiben, läßt ihn dann frei oscilliren, ohne ihm
 Anfangsgeschwindigkeit mitzutheilen. Hiernach wird für
 Anfang seiner Bewegung, also $t = 0$,

$$X = A; \quad \frac{dX}{dt} = 0.$$

Erstere erfordert, daß $A = a \sin. b$, das Letztere daß
 $= a \alpha \cos. b$ sey. Indem aber α gegeben ist, und a nicht
 0 seyn kann, weil sonst A stets $= 0$ seyn müßte, so muß
 $b = 0$ seyn, also $b = 90^\circ$; $\sin. b = 1$ und $A = a$, wo-
 durch die beiden Constanten bestimmt sind. Wenn man daher
 die Werthe in die allgemeine Gleichung substituirt, so giebt
 es

$$X = A \cos. \alpha t.$$

In wiefern diese Gleichung das Verhalten der Drehwaage
 ausdrücke, läßt sich durch folgende Betrachtung einsehen. Dre-
 ht man einen willkürlichen, an der Seite hängenden Körper

aus seinem Zustande der Ruhe über dem unter ihm befindlichen getheilten Kreise so, daß ein Punct desselben den Winkel A dem anfänglichen Ruhepuncte bildet, und hält ihn hier fest ist $X = A$ und $t = 0$. Läßt man ihn dann los, so wird durch die Reaction der Saite zu oscilliren beginnen, und so hiernach t wächst, wird $\cos. \alpha t$ kleiner, und X nimmt ab; die Rotationsgeschwindigkeit wächst, denn der allgemeine, dem Werthe von X entnommene Ausdruck $\frac{dX}{dt} = -A\alpha \sin$

besagt, daß der Factor $\sin. \alpha t$, welcher $= 0$ ist für $t = 0$, der Vermehrung dieser veränderlichen GröÙe zugleich wächst. Der stets abnehmende Bogen X wird $= 0$, wenn $\cos. \alpha t$ Quadranten gleich ist, oder durch π die halbe Peripherie zeichnet, $= \frac{\pi}{2}$. Man hat alsdann $t = \frac{\pi}{2\alpha}$, und der be-

Punct befindet sich auf dem ursprünglichen Stande der Bogen wird aber hier nicht ruhen, indem die Geschwindigkeit der Bogen vielmehr ihr Maximum erreicht hat; denn $\frac{dX}{dt}$ wird

Größtes, wenn $\alpha t = \frac{\pi}{2}$, d. i. einem Quadranten gleich ist

wie aber über diesen Punct hinaus t zunimmt und αt größer als ein Quadrant wird, also auch $\cos. \alpha t$ negativ, weil X die entgegengesetzte Seite des anfänglichen Ruhepunctes übergeht, nimmt die Geschwindigkeit wieder ab, und endlich $= 0$, wenn αt dem Halbkreise gleich ist. Dieses gilt für den allgemeinen Ausdruck $\alpha t = \pi$, also $t = \frac{\pi}{\alpha}$ und

hiernach $X = A$ und $\frac{dX}{dt} = 0$, worauf die Oscillation wieder

beginnt und ohne Ende fort dauern würde, wenn der Widerstand der Luft und sonstige Hindernisse nicht endlich einen Stillstand herbeiführten¹. Jede Oscillation wird dann vollendet in Zeit T , deren Werth $= \frac{\pi}{\alpha}$ ist, oder hierfür den obigen Ausdruck wieder eingeführt, erhält man

¹ Vergl. hierüber *Elasticität*.

$$T = \pi \left(\frac{\int r^2 dm}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

nach also die Zeit gefunden werden kann, wenn man die Gestalt des Körpers und die Constante n kennt.

Coulomb hing an die von ihm gebrauchten Metallsaiten Cylinder, in deren lothrechter Axe die herabhängende Metallsaite befestigt war, mit einem kleinen Zeiger, welcher auf einem un-
n liegenden getheilten Kreise die durchlaufenen Bogen maß, und dessen Masse gegen die des Cylinders als verschwindend betrachtet und bei der Berechnung vernachlässigt werden konnte. findet dann für diesen Fall

$$T = \pi \left(\frac{M a^2}{2 n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

in π und n die angegebene Bedeutung haben, M aber die Masse des Cylinders bezeichnet, gegen welche die des Drahtes verschwindend ist, und a den Halbmesser des Cylinders¹. Ist er der aufgehängene Körper ein in seiner Mitte an dem Drahte befestigter Cylinder von verhältnißmäßig sehr geringer Dicke gegen seine Länge, so würde man nach Biot auf folgende Weise die Bestimmung von $\int r^2 dm$ erhalten können. Zerlegt man den Cylinder durch Schnitte lothrecht auf seine Axe in verschwindend kleine Theile, so stellt dr die Dicke eines solchen Theilchens vor, und ist dann ρ der Halbmesser des Kreises seiner Basis, so ist sein Inhalt $= p \rho^2 dr$, wenn p das Verhältniß des Kreises zu seinem Durchmesser als Einheit genommen bezeichnet. Ist der Cylinder sehr dünn, so kann man ein solches abgeschnittenes Theilchen als ein solides Element dm ansehen, dessen Theile von der Rotationsaxe sämtlich gleich weit entfernt sind, und das Integral $\int r^2 dm$ wird $= \int p \rho^2 r^2 dr$, welches $= \frac{1}{3} p r^3 \rho^2$ ist, da $p \rho^2$ für alle einzelnen Abschnitte constant bleibt. Um dieses Integral auf die gesammte Masse des Cylinders auszudehnen, dessen Länge $= 2l$ angenommen wird, laßt man es von $r = 0$ bis $r = l$ nehmen, und verdoppeln, wodurch man $\frac{2}{3} p \rho^2 l^3$ erhält. Es ist aber die Masse des Cylinders $= M = 2 p \rho^2 l$, welches substituirt giebt

¹ Vergl. *Elasticität* Nro. 3.

$$\int r^2 dm = \frac{M l^2}{3},$$

und also nach der oben für die mit lothrechter Axe aufhängenen massiven Cylinder gefundenen Formel

$$T = \pi \left(\frac{M l^2}{8 n} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Wird hiernach die Drehwaage mit einem gewöhnlichen Pendel verglichen, so ist für letzteres, wenn π gleichfalls die Peripherie des Kreises, L die Länge desselben, g die Fallhöhe, 1 Secunde und T die Zeit der Oscillationen in Sexagesimalen bedeutet, im einfachsten Ausdrucke

$$T = \pi \left(\frac{L}{g} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Wenn man daher in dieser und der vorhergehenden Formeln Zeiten gleich setzt, so erhält man

$$\frac{L}{g} = \frac{M l^2}{3 n}.$$

Man kann aber die Masse des Körpers einfach durch sein Gewicht ausdrücken, wenn man berücksichtigt, daß er von demselben auf gleiche Weise als der Körper des Pendels zu strebt, und demnach $g M = P$ setzt. Dieses substituirt für einen sehr dünnen, horizontal schwebenden, in seinen aufhängenden Cylinder, dessen Länge $= 2l$, dessen Halbmesser aber hiergegen verschwindend ist,

$$1. \quad n = \frac{P l^2}{3 L}.$$

Für einen mit lothrechter Axe aufhängenen massiven Cylinder, aber, wenn man diesen auf die oben angegebene Art an einem Drahte um seine Axe oscilliren läßt, und den Halbmesser des Drahtes $= a$ nennt, ist

$$2. \quad n = \frac{P a^2}{2 L}.$$

Um aber diese Formeln praktisch brauchbar zu machen, nicht übersehen werden, daß die Normallänge des Secundenpendels nach den Schwingungszeiten des oscillirenden Körpers corrigirt werden muß, indem sonst eine Vergleichung mit der Normallänge voraussetzen würde, daß auch der oscillirende Körper nur eine Schwingung in einer Secunde machen würde.

Wenn aber die Längen der Pendel sich verhalten wie die Quadrate der Schwingungszeiten, so wird der hierzu erforderliche Coefficient gefunden, wenn man das Quadrat der Zahl der Sekunden durch das Quadrat der Zahl der Oscillationen dividirt. Alsdiesemnach die Kraft, womit die aus einem Waagebalken verschwindender Dicke bestehende Drehwaage einer auf seine normal wirkenden Kraft vermöge ihrer Elasticität entgegenstrebt, aus den Oscillationen derselben in denjenigen Gewichtstheilen gefunden werden, worin das Gewicht desselben gegeben ist, so nenne man diese Kraft $= n$; die Länge des Hebelarmes, in gleichem Masse als die des einfachen Sekundenpendels gemessen $= 2l$; die Länge des Sekundenpendels $= L$; die Zahl der Schwingungen, welche der Waagebalken vollendet $= m$; die Zahl der Sekunden, worin sie vollendet werden $= t$; und man hat für 1.

$$n = \frac{P l^2}{3 L \left(\frac{t}{m} \right)^2}$$

Wenn aber der Halbmesser des mit einem verhältnismäßig nicht schweren Zeiger versehenen Cylinders, welcher statt des Waagebalkens aufgehangen ist $= a$ gesetzt, so erhält man für 2.

$$n = \frac{P a^2}{2 L \left(\frac{t}{m} \right)^2}$$

Wenn man endlich die Länge des einfachen Sekundenpendels für dem 45ten Grade der Breite $L = 440,4$ Linien an, so erhält man für einen horizontalen Waagebalken der Drehwaage

$$1. \quad n = 0,00075689 P \frac{l^2}{\left(\frac{t}{m} \right)^2}$$

und für einen in seiner Axe aufgehängenen Cylinder

$$2. \quad n = 0,00113533 P \frac{a^2}{\left(\frac{t}{m} \right)^2}$$

bei der beständige Logarithmus für 1. $= 0,8790314 - 4$; für 2. $= 0,0551227 - 3$ ist. Diese Formel giebt also die Kraft der Elasticität $= n$, welche einen Draht oder einen ähnlichen

Körper lothrecht auf einen Hebelarm von der Länge einer um den Winkel $= X$ zu drehen vermag.

Um die praktische Anwendung dieser Formel besser übersehen diene folgendes Beispiel zu Nro. 2. COULOMB¹ an einen Messingdraht von Nro. 12. einen Cylinder, dessen wicht $= P = 2 \text{ \&}$ und dessen Halbmesser $= a = 9,5$ betrug. Dieser machte 20 Oscillationen in 242 Secunden. dem nun die Länge des einfachen Secundenpendels von LOMB zu 440,5 Lin. angenommen wird, so ist hiernach

$$n = \frac{2 (9,5)^2}{2 \times 440,5 \left(\frac{242}{20} \right)^2} \text{ in Pfunden} = \frac{1}{715}$$

oder dieser Draht wirkt einer in der Entfernung von seiner $= 1$ Lin. ihn drehenden Kraft mit $\frac{1}{715} \text{ \&}$ entgegen.

aber die auf einen Hebelarm wirkenden Kräfte den Längen selben umgekehrt proportional sind, so würde für einen Hebelarm von q Linien $n = \frac{1}{q \cdot 715} \text{ \&}$ seyn. Ist ferner n für

Draht von einer gegebenen Länge gefunden, so verhalten die Elasticitäten bekanntlich umgekehrt wie die Längen, wenn daher die Länge des elastischen Drahtes, welcher zur Stimmung von n diene, λ heißt, so wird n für eine andere Länge $= \lambda'$ gefunden, wenn man $n = \frac{1}{q \cdot 715} \times \frac{\lambda}{\lambda'}$ nimmt

Endlich bleibt aber hierbei noch eine Schwierigkeit. Kraft der Reaction eines elastischen, um seine Axe gedrehten Drahtes $= n$ ist nämlich, wenn der Zeiger auf 0 und sich selbst überlassen in Ruhe steht, $= 0$, und wird für einen gegebenen Winkel $A = n A$, oder sie ist dem Winkel, um welchen Draht gedreht wird, proportional. Die Bestimmung des erforderlichen Winkels liegt nicht unmittelbar in der gegebenen Formel, insofern die Elasticität aus den Schwingungen berechnet wird, diese aber nach mechanischen Gesetzen für alle Winkel isochronisch sind. COULOMB hat indeß die Formel auf

¹ Mém. de l'Acad. 1784. p. 248.

liche Weise entwickelt, daß bei derselben sowohl als auch in den Versuchen ein Winkel von 180° oder $= \pi$ zum Grunde liegt, welcher daher auch bei dieser Bestimmung als Einheit angenommen wird, wenn man die Elasticität auf die angegebene Weise aus den gegebenen Größen finden will. *M.*

Drosometer.

Thaumometer; von $\delta\rho\acute{o}\varsigma$, Thau. Eine Waage, deren ein Ende eine Platte trägt, die den Thau vorzüglich gut annimmt, und das andere ein Gegengewicht, das nicht so leicht abhaut wird. Vielleicht liesse sich für ein so geringes Gewicht zu Vorthail die kleine Waage anwenden, welche zum Sortiren des Baumwollengarns gebraucht wird, und an welcher der Zeiger das Gegengewicht macht. Statt der Platte möchte es rather seyn, ein Büschel Wolle oder Eiderdunen am kürzern Arm anzuhängen, da diese leichten Körper nach den Erfahrungen von WELLS und HARVEY den Thau in vorzüglicher Menge annehmen. Einige rathen an, das *Atmometer* mit zu Rathe zu ziehen, weil während des Thauens ein Theil wieder verpufft; allein da nach den Versuchen des genannten Physikers die Bethauung selbst vom Feuchtigkeitszustande der Luft abhängt, und hinwiederum die Angaben des Atmometers durch den Thau Niederschlag modificirt werden, so scheint diese Vorrichtung überflüssig zu seyn ¹. *H.*

Druck.

Pressio; Pression; Pressure.

Ogleich man im gemeinen Leben und gleichfalls in der Mechanik die Bedeutung des Wortes Druck für genügend festgesetzt hält, so zeigt sich doch bei genauerer Untersuchung, daß es schwer ist, eine scharfe Definition davon zu geben. Meistens versteht man darunter *das Bestreben eines ruhenden Körpers einen andern berührten Körper in Bewegung zu setzen*, und versteht dieses entweder auf das Verhalten des ersteren im Allgemeinen, oder betrachtet es als die Wirkung einer ihn treiben-

¹ S. Thau.

den Kraft. Um aber nicht allgemein jede *bewegende* Kr *drückende* zu nennen, wird die Bedingung der *Ruhe* z mit in die Definition aufgenommen ¹. Im Allgemeinen drückende Körper allerdings in Ruhe, und zwar deswegen ein anderer ihm entgegenwirkender, oder ein unüberwinderliches Hinderniß entgegensetzender, Körper seine Bewegung nicht machen. So sagt man, daß ein Mensch, ein Stein, ein Blei durch ihr Gewicht gegen den Boden, das Wasser gegen die Wände der Gefäße, die Luft gegen die Oberfläche der Erde, oder eine sie umschließende Hülle drücken. Streng genommen ist aber der Zustand der Ruhe keine nothwendige Bedingung Druckes. So wird man nicht sagen können, ein Gewicht drücke nicht mehr gegen eine Waagschale, wenn dieselbe in der Luft oder das Wasser über keinen Druck aus gegen die herabgelassenen Kasten eines überschlächtigen Rades ², wie schon daraus kennbar hervorgeht, daß man oft sagt, es werde ein Gegenstand durch eine Last *herabgedrückt*, *niedergedrückt*. ROBISON läutert dieses ausführlich, indem er davon ausgeht, daß mechanische Wirkungen den herrschenden Ansichten gemäß vorgebracht werden sollen durch *Druck* und *Stoß*, und man als wesentlich verschiedene Kräfte und Kraftäußerungen zu betrachten pflege. Liegt z. B. eine Kugel auf dem Tische und man drückt diese an eine Seite, so wird sie sich bewegen und in dieser Bewegung fortfahren, wenn ihr der drückende Gegenstand folgt. Eben so würde auch ein Rad umgedreht werden, wenn man auf eine seiner Speichen drückte, und diesem Drucke fortführe. Eben diese Bewegungen, welche unzweifelbar Folgen des Druckes sind, könnten auch durch ein

¹ GEHLER alte Ausg. I. 604. sagt: wenn ein *ruhender* Körper durch eine Kraft in Bewegung gesetzt wird. In der Encyclop. méthod. Art. Pression heißt es: Action d'un corps pesant d'en mouvoir un autre. YOUNG Lectures I. 59. II. § 3 definiert: Pressure is a force, counteracted by another force, so that no motion is produced. Weil hierbei die Wirksamkeit einer Kraft nur in dem Bestreben, eine Bewegung hervorzubringen, unverkennbar ist, ohne daß eine Bewegung hervorgebracht und die Aeußerung der Kraft wahrnehmbar wird, so führte dieses auf den Unterschied der *lebenden* und *toten* Kräfte. Vergl. *Kraft*.

² Christian Mécan. indust. I. 16 u. 123.

³ Méchan. Philos. I. 5 II.

pannte Feder und nach dem Aufwinden derselben vermöge ihrer Elasticität hervorgebracht werden. Ein Gewicht kann unmittelbar auf eine Unterlage drücken, aber auch auf einen Gegenstand drückend wirken, wenn es an einem Faden an denselben gebunden ist. So könnte man überhaupt das Gewicht eines Körpers, und die Ursache, wodurch er zu fallen sollicitirt wird, als Folge eines Druckes ansehen, und hiernach eine Menge Fälle unter dem Namen eines Druckes zusammenfassen. Indessen könnte eine gleiche Bewegung auch durch einen einfachen Stofs einer Feder oder eines sonstigen Körpers hervorgebracht werden, wenn dieser auch sogleich nach dem Stosse ruhet. Hiernach kann dann keine Vergleichung zwischen Stofs und Druck stattfinden, indem ersterer als unendlich groß gegen letzteren anzu-
 sehen sey. ROBISON bemerkt gegen diese oft aufgestellte Meinung, daßs niemand einen Unterschied wahrnehmen könne zwischen der Bewegung einer Kugel, wenn diese durch einen Stofs und wenn sie durch ihr Bestreben zu fallen hervorgebracht wird.¹ Man habe daher den Druck bloß als ein *Bestreben zur Bewegung*, ohne wirkliche Ortsveränderung, betrachtet, und hierbei wirksame Kraft in dieser Hinsicht eine todte genannt. Indes, sagt ROBISON, werde durch eine Kugel, wenn sie gegen eine andere auf einer unbeweglichen Unterlage ruhende stößt, nicht so wenig eine Bewegung hervorgebracht, als durch bloßen Stuck; und zeigt dann weiter, wie diese Betrachtungen mancher Forscher vermocht hätten, alle Bewegungen von einem Punkte abzuleiten, und die Kräfte aufzusuchen, welche diese hervorbringen sollen.

Wollen wir uns hierbei nicht in die unendlichen Speculationen über das eigentliche Wesen der Kräfte verirren, so müssen wir bei demjenigen stehen bleiben, was zunächst durch den Nachgebrauch bestimmt wird. Hiernach ist es allerdings schwer, eine Definition von dem zu geben, was man Druck nennt, obgleich in einzelnen Fällen der Unterschied zwischen Stuck und Stofs leicht nachzuweisen ist. Im Allgemeinen kann man *Druck* das *Bestreben eines Körpers nennen, Bewegung*

¹ Ein Unterschied ist hierbei allerdings wahrnehmbar, indem im ersten Falle die Bewegung stets gleichbleibend, im letzteren beschleunigt seyn muß.

in einem andern hervorzubringen, ohne Rücksicht darauf, derselbe bewegt wird oder nicht, und in bestimmter Beziehung darauf, daß weder seine eigene Bewegung, noch diejenige, die er dem gedrückten Körper eben so gut mittheilen als mittheilen kann, dabei in Betrachtung kommt, indem der Körper als solcher allezeit so gemessen wird, als sey der Körper in Bewegung. Diese letztere Bestimmung bezeichnet die wesentliche Unterscheidung vom *Stoße*, bei welchem der stoßende Körper anders als bewegt gedacht werden kann, und die Bewegung die Bestimmung des Effectes unumgänglich erforderlich ist. Man könnte hiergegen einwenden, daß bei der Fortpflanzung des Stoßes durch eine Reihe an einander liegender elastischer Körper jede zwischenliegende als ruhend erscheine, dennoch aber als gestossen und als stoßend betrachtet werden müssen; allein dieses ist strenge genommen nicht der Fall, indem jede Kugel nothwendig durch einen, ihrem erhaltenen Einflusse proportionalen Raum bewegt werden muß. Nähme man nun die Kugeln als vollkommen hart an, so würde dieses zwar unthunlich seyn, damit aber zugleich auch der Effect, und die ganze Erscheinung wäre als ein einziger zusammenhängender Körper anzusehen, durch welchen eben so gut der Stoß als auch der Druck fortgepflanzt werden könnte. Endlich ist auch beim Druck noch zu berücksichtigen, daß ein gleiches Verhalten statt findet zwischen dem drückenden und dem gedrückten Körper, der letztere mit einer gleichen Kraft dem ersteren entgegenstrebt, als womit er durch jenen afficirt wird¹, wobei die entstehende Bewegung als die Differenz des Druckes und des Widerstandes angesehen werden kann.

THOMAS YOUNG giebt eine sehr genaue Ansicht dieser Erscheinung, wenn er sagt², daß ein großes Gewicht eine Uhrfeder auf gleiche Weise zu beugen vermöge, als ein kleines, wenn es von einer gewissen Höhe herabfällt; allein ganz etwas anderes ist es, eine Feder auf einen gewissen Punct zu beugen, und in dieser Beugung zu erhalten, und beides ist gar nicht vergleichbar, indem dieses das Maß der fortdauernden Reaction

¹ Hutton Dict. II. 228.

² Lectures on Nat. Phil. I. 59.

der ist, wenn sie bis auf einen gewissen Punct gebeugt wird, was aber das Maß der Summe der Effecte, welche die nämliche Feder in verschiedenen Graden ihrer Beugung für einen gewissen Zeitraum entgegensetzt. Man kann daher sagen, daß der *Stoß* durch die kleinste Masse rücksichtlich des Effectes so durch die größte Masse bewirkten *Drucke* gleichzusetzen sey.

Indefs hindert uns nichts, zwei (und mehrere) Drucke mit einander zu vergleichen, wenn wir die Anfangsgeschwindigkeiten bestimmen, welche sie bei weggeschafftem unüberwindlichem Hindernisse erzeugen würden, auch läßt sich eine Zusammenstellung der Drucke eben so gut als der Kräfte construiren, indem auch eine durch den Druck entstandene quantitas motus angenommen werden kann, welche entstehen müßte, wenn das hinderstehende Hinderniß weggenommen würde. So werden auch zwei entgegengesetzte Drucke sich einander aufheben, wenn die Größen der Bewegung einander gleich sind, welche hervorbringen würden. Auf gleiche Weise lassen sich auch drei, vier, n Drucke eben so als drei, vier, n Kräfte construiren, welches auch wirklich durch diejenigen *Diagonalmaschinen* geschieht, bei denen ein gegebener Punct durch verschiedene in entgegengesetzter Richtung ausgespannte Fäden mittelst an denselben hängender Gewichte sollicitirt wird ¹.

Wollte man den Druck selbst als das Resultat einer Kraft ansehen, so müßte man auch dasjenige, was demselben Widerstand leistet, mit diesem Namen belegen, wie auch verschiedene Gelehrte gethan haben ². Die Beantwortung der Frage, ob dieses geschehen solle oder nicht, ist schwierig, und führt zu verwickelten Untersuchungen. Ohne sich in das Gebiet der Speculationen zu verirren, läßt sich hierüber Folgendes festsetzen. In so fern die bloße Materie, als solche, nach unserer

¹ Vergl. *Bewegung, bewegende Kräfte*. Th. I. p. 933. Sehr ausführlich, und mit Angabe der Versuche verschiedener Gelehrten, welche wie BERNOULLI, D'ALEMBERT, LA PLACE u. a. die Gesetze des Druckes unmittelbar auf die Gleichheit der Effecte von gleichen Ursachen zurückzuführen suchten, findet man diesen Gegenstand behandelt in der *Encyclop. Brit. Suppl. Art. Dynamics*.

² Vergl. Fischer Wörterb. I. Art. Druck.

Vorstellung unbewegt und gleichsam todt ist, jede Bewegung jede Wirkung aber erst durch irgend eine Kraft erzeugt werden kann, so ist auch ein Druck als durch die bloße todte Materie ausgeübt undenkbar, auch zeigt die Erfahrung, daß derselbe vermittelst irgend einer Kraft, z. B. der Schwere, der Elasticität, der thierischen Muskelkraft u. s. w. hervorgebracht wird. In dem Begriffe einer Kraft liegt aber die Wirksamkeit derselben nothwendig eingeschlossen, in so fern eine unwirksame Wirksamkeit, eine unthätige Thätigkeit, eine *contradictio in adjecto* ist. Wirklich äußern sich auch die drückenden Körper alles thätig, sobald sie vorhanden sind. Wollte man dagegen anführen, daß z. B. die Expansion des Dampfes nicht vorhanden, ohnerachtet der Anwesenheit des Wassers, woraus er besteht, und daß die thierischen Muskeln auch ruhen, mithin zu drücken aufhören können, so muß hiergegen bemerkt werden, daß das Wasser immer noch kein Dampf ist, und bei den thierischen Muskeln die drückende Kraft jederzeit erst durch die Willenthätigkeit erzeugt werden muß, diesernach auch mit dem Tode aufhört, ihren Druck als schwere Körper abgerechnet. Auch eine Stahlfeder wird erst dann zu drücken anfangen, wenn diejenige ihr inwohnende Kraft entgegengestrebt wird, vermöge welcher die Theile derselben eine einmal angenommene gegenseitige Lage beizubehalten sollicitirt werden. Ganz etwas anderes ist es aber mit dem Widerstande der gedrückten Körper. Wollte man annehmen, daß sie vermöge einer ihnen eigenen Kraft dem drückenden oder in sie einzudringen strebenden Körper entgegenwirkten, so müßte eben diese in den nicht gedrückten Körpern eine unwirksame, unthätige, ruhende seyn, und allezeit erst beim beginnenden Drucke hervorgerufen werden, was gegen den Begriff einer Kraft streitet. Dasjenige vielmehr, was dem Eindringen der Körper sich entgensetzt und Widerstand leistet, ist der Zusammenhang ihrer Theilchen unter einander, welcher genügend widersteht oder überwunden wird, wenn die Kraft der Anziehung als Ursache dieses Zusammenhanges, geringer ist als der, ein Zerreißen der Theilchen bewirkende Druck. Wie es aber zugehe, daß die Kraft der Anziehung nicht bloß diesen Zusammenhang bewirke, sondern auch noch einen Widerstand gegen einen drückenden Körper ausübe, kann hier nicht untersucht werden, und muß ich der

wegen auf dasjenige verweisen, was im Artikel *Cohäsion* abgehandelt ist ¹. Flüssige Körper können daher an und für sich, und als einzelne Massen gedacht, eben dieses fehlenden Zusammenhanges ihrer einzelnen Bestandtheilchen wegen, nicht eigentlich gedrückt werden, wenn sie nicht in Gefäßen eingeschlossen sind, oder als ganze Massen auf der festen Oberfläche der Erde ruhen, als die Luft und das Wasser der Oceane. Man sagt zwar allerdings, daß Luft und Wasserschichten durch die über ihnen befindlichen Massen gedrückt werden, allein dieses ist mehr ein statisches Schwimmen in denselben, wenn man von den festen Wänden einschließender Gefäße abstrahirt. Sind hier die drückenden Körper specifisch schwerer, so werden sie in ihnen herabsinken, mithin ist das Verhalten hier ein anderes und erfolgt nach anderen Gesetzen, als der Druck fester Körper.

Die Fortpflanzung des Druckes durch einen festen, flüssigen oder expansibelen Körper ist in ihrem Verhalten so einfach und leicht begreiflich, daß sie kaum eine besondere Erwähnung verdient, wenn man nicht zugleich eine speculative Untersuchung über die Elementartheilchen der Körper einmischen will. nämlich einmal die Richtung gegeben, in welcher ein Körper den widerstehenden drückt, so werden in eben derselben Richtung nur die ihn unmittelbar berührenden Theilchen zur Bewegung sollicitirt werden, diese üben einen gleichen Impuls auf die sie berührenden aus, und so fort auf stets weiter entfernte liegende Theile. Daß hierbei zugleich alle Theilchen der Körper um einen gewissen, der Stärke des Druckes proportionalen Theil zusammengedrückt und einander mehr genähert werden, in so fern alle Körper ohne Zweifel mehr oder minder compressibel und elastisch sind, verdient nur gelegentlich erwähnt zu werden. Ein wesentlicher Unterschied findet aber in der Hinsicht statt, ob die gedrückten Körper fest oder flüssig sind. Bei festen Körpern nämlich, deren Theilchen von allen Seiten festgehalten werden, und daher für sich unbeweglich sind, wird jedes folgende Theilchen weniger aus seinem Orte gedrückt werden, als das nächst vor ihm in der Richtung des

¹ Vergl. *Cohäsion*. T. II. p. 114.

Theilchen gleichmäfsig mittheilen, mithin auch in
dieser Weise fortpflanzen, und dieses so weit, bis
zu den Grenzen eines festen Körpers die Wirkungsart
man sich hierbei die Elemente der Flüssigkeiten
zu denken habe, wie gemeiniglich geschieht ¹, und
die Erklärung der Phänomene in der Art, wie die Be-
obachtungen zeigen, ganz zweckmäfsig ist, bleibt als nur
die Vorstellung eines jeden Einzelnen anheimge-
geben. Es giebt es noch Substanzen, welche rücksichtlich
ihrer Bestandtheile, ihrer mefsbaren Partikelchen,
festen Körpern gehören, wie Kugelhäufen, Schrot-
Häufen, aufgeschütteter Sand, lockere Erde u.
dgl. m. Die Verschiebbarkeit dieser Bestandtheile
in den Gefäfsen annehmen, worin sie sich befinden,
die Art von Flüssigkeit zeigen, weswegen sie auch
so genannt werden. Sie können aus diesem Grunde
nach der Seite hin ausüben, wenn sie in Gefäfsen
oder in gröfseren Massen aufgehäuft sind,
auch nur unter dieser Bedingung fortpflanzen.
Nach welchen Gesetzen sie in einem Gefäfsen bei
Druck den erhaltenen Druck auch seitwärts fort-
leiten, beruht es bis jetzt noch an Erfahrungen ².

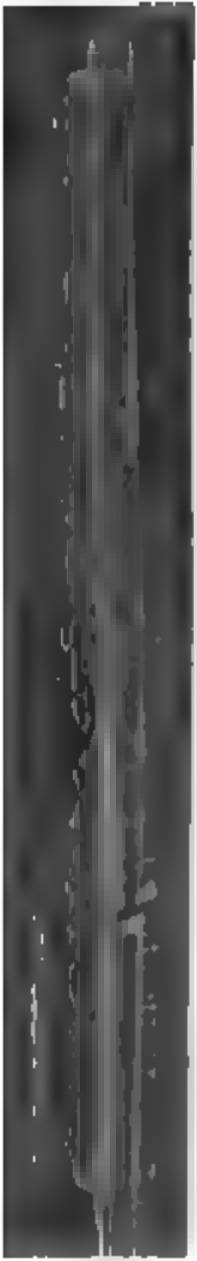
Ein ausgeübter Druck rührt her entweder von
festen oder flüssigen Körpern, und im letzteren Falle w-
ird der Druck durch die Flüssigkeit selbst weitergeleitet.

achtet werden kann, der expansibelen aber unter *Aërostatik* und *Dampf* grösstentheils schon abgehandelt ist, zum Theil der *Luft* noch weiter erörtert werden wird. Abstrahirt man bei festen Körpern ferner von demjenigen Drucke, welcher durch thierische Muskelkraft, durch die Elasticität gespannter Fäden, gewundener Seile und auf ähnliche Weise modificirter Stützen ausgeübt wird, so drücken diese blofs nach dem Verhältnisse ihres Gewichtes vermöge ihrer Schwere. Die *Gröfse des Druckes* ist also der *Gröfse ihres Gewichtes* direct proportional, wird durch übliche, in Voraus mehr oder minder genau bestimmte Normalgewichtstücke ausgedrückt, und dient alsdann wieder zur Vergleichung desjenigen Druckes, welchen expansibele, tropfbar flüssige Körper, gespannte Fäden, die thierische Muskelkraft und andere dergleichen wirkenden Ursachen ausüben, selbst auch zur Bestimmung der Gröfse des Stosses oder der Wirksamkeit bewegter Massen u. s. w. In dem dieses aber allgemein bekannt ist, würde eine weitere Auseinandersetzung überflüssig seyn ¹. Der Druck fester Körper wird ferner über diejenige Fläche verbreitet, auf welcher sie ruhen, und da ihre Theile vermöge ihrer Festigkeit sich nicht gegeneinander verschieben oder über einander hingleiten, so kann ein jeder gröfser oder kleiner Druck über eine beliebig grofse oder kleine Fläche verbreitet, und selbst in einem einzelnen Punkte vereinigt seyn, und als in demselben vereinigt angesehen werden. Die *Richtung des Druckes* endlich fällt mit der Richtung der Schwere also mit der Fallinie zusammen, und ist somit entweder die gedrückte Ebene normal, oder in einem beliebigen Winkel gegen dieselbe geneigt ², und werden die Gesetze hierüber zum Theil bei der Lehre vom Falle der Körper auf der geneigten Ebene untersucht ³.

¹ Vergl. Brandes Lehrbuch d. Gesetze d. Gleichgewichts u. d. Bewegung. Leipz. 1817. I. p. 5 ff.

² S. Euler Nov. Com. Pet. XVIII. 289. Hind. Arch. I. 74. Paoli Mem. di Mat. e fis. della Soc. It. VI. 534. de Lorgna ib. VII. 178. Monges ebend. V. 107. d'Alembert Opusc. de Mathém. VIII. 36. am vollständigsten J. A. Grunert Statik fester Körper. Halle 1826. 8. p. ff.

³ S. Ebene, geneigte. Vergl. Fall.



· genannten *semiflüssigen*, und daher noch
zeigenden (*semifluid and cohesive subst*
gegen lothrechte oder unter einem gewissen W
Horizont geneigte Flächen ausüben. Das Verh
und der vollkommen flüssigen Körper in diesen
bekannt, es leidet dieses aber keine völlige Anw
che Substanzen, welche genau genommen weder
sich sind, wie trockner Sand, lockere Erde, s
stanzen u. dgl. Es giebt über die hierher geh
zwar eine große Menge theils gelehrte theore
chungen, theils praktische Erfahrungen; weil e
Ort nicht ist, den Gegenstand erschöpfend vorz
gen einige elementare Betrachtungen über das
am wesentlichsten ist, genügen.

/ Die genannten Körper, welche man inn
nennen kann, insofern zwar ihre einzelnen B
diese aber nicht unter einander verbunden sind
fern von den flüssigen unterscheiden, als sie nic
häsion folgen, sondern der Reibung unterliegen
ihre Form nicht beibehalten, weil sie im stre
Masse genommen nicht fest sind, können aber
eigentlich zerfließen und hiernach eine Horiz
erzeugen, vielmehr werden ihre einzelnen Th
oder herabgleiten, und somit eine geneigte Eb
Neigung, welche sie hiernach annehmen

der Erde und trockenem Sande darf angenommen werden, daß aufgeschüttete Haufen einen Winkel von 30° bis 50° mit dem Horizonte bilden; auf dieser Neigung beruht übrigens hauptsächlich die scharfe Berechnung der Stärke des Druckes, welche eben deswegen also nicht statt finden kann, weil jene mit der veränderlichen Beschaffenheit des Materials wechselt.

Es sey indeß in einem verticalen Durchschnitte dargestellt Fig. 182
 a b c ein Wall von trockner Erde; a e b der keilförmige Theil, welcher ohne Unterstützung herabgleiten würde, so daß die Neigung e b mit dem Horizonte eine der Beschaffenheit des Materials zukommende Neigung erhielte, so ist der Druck zu bestimmen, welchen die Masse a e b gegen die Mauer g a e f ausüben würde, und die Kraft, womit letztere diesem zur Erhaltung des Gleichgewichtes widerstehen müßte. Ist h der Schwerpunkt des Dreiecks, so ziehe man durch diesen die Linie k i parallel mit e b. Zieht man h l parallel mit a e, ferner k p senkrecht auf a e und k l lothrecht auf k i, so drückt h l den senkrechten Druck des Dreiecks, h k den Druck desselben in der Richtung der geneigten Ebene und p k den gegen die Mauer normal gerichteten aus. Der lothrechte Druck der herabgleitenden Masse, welchen die Linie h l ausdrückt, kann also in die beiden conspirirenden Kräfte h k und k l zerlegt, und hieraus p k das Maß des normal gegen die Mauer gerichteten Druckes gefunden werden. Es sind aber die Dreiecke e a b; h k l; h p k ähnlich, mithin da $eb : ea = hl : hk$, so giebt $\frac{ea}{eb} w$ das Gewicht an, womit die keilförmige Erdmasse in der Richtung k p gegen die Mauer drückt, und sie als gegen den Hebelarm e k wirkend umzustossen strebt, wenn w das Gewicht dieser Erdmasse in gegebenen Gewichtstheilen bezeichnet. Heißt aber der Winkel a e b oder der Böschungswinkel $= v$, so ist $\frac{ea}{eb} = \cos. v$;

und $w \cos. v$ giebt also das Maß des Gewichtes an, wodurch die Mauer nach der Beschaffenheit dieses Winkels gedrückt wird.

Ist ferner $hk : pk = eb : ab = \frac{ea}{eb} w : \frac{ea \times ab}{eb^2} w$ d. i.

der Druck, welcher in der Richtung k p gegen den Hebelarm e k ausgeübt wird, indem zugleich $ek = \frac{1}{2} ac$ ist. Ferner ist aber

$\frac{ae \times ab}{2}$ der Flächeninhalt des Dreiecks aeb ; und w

das spec. Gew. der Erde oder des Sandes bezeichnet,

$\frac{ae \times ab}{2} p$ der Ausdruck für das absolute Gewicht,

$\frac{ea \times ab}{eb^2} p \times \frac{ae \times ab}{2} = \frac{ea^2 \times ab^2}{2 eb^2} p$ ist der Ausdr.

für das absolute Gewicht, wodurch die Mauer in der Höhe pk gedrückt wird. Indem aber endlich $ke = \frac{2}{3} ae$ ist,

$\frac{ae^2 \times ab^2}{6 eb^2} p$ als der Ausdruck der Kraft gefunden, womit

Keil von Erde oder Sand die Mauer mittelst des Hebelumszudrücken strebt. Diese Erd- oder Sand-Masse drückt nicht absolut, sondern von der geneigten Ebene herabgleitend. Nun ist durch Versuche gefunden, daß eine Last, auf einer Ebene bewegt, $\frac{1}{3}$ ihres Gewichtes als Reibung ausübt, diesemnach wird die herabgleitende Masse diese GröÙe an Reibung verlieren; mithin ist der angegebene Ausdruck im

Verhältniß von 3:2 zu vermindern, wonach $\frac{ae^2 \times ab^2}{9 eb^2} p$ als

Ausdruck derjenigen Kraft gefunden wird, womit der Keil von Sand oder lockerer Erde die Mauer umzudrücken strebt, zur Herstellung des Gleichgewichtes durch die Stärke der haltenden Mauer aufgehoben werden muß. Es ist $\frac{ab}{be} = \sin. aeb$. Nennt man daher diesen Winkel $= v$,

Höhe des Walles $ae = h$, und setzt diese beiden GröÙen in die eben gefundene Formel, so erhält man $\frac{h^3 \sin.^2 v. p}{9}$

den Druck der Erde. Man kann aber endlich als nahe annnehmen, daß für Erde und Sand der Winkel v , welchen die Seite eines durch Herabgleiten der Theilchen gebildeten Hebel mit der Verticallinie der Mauer macht, im Mittel 45° betrage, in welchem Falle $\sin.^2 v = \frac{1}{2}$ ist, wodurch die eben gefundene Formel $\frac{h^3 p}{18}$ wird.

Um den Widerstand der Mauer zu finden, welchen diesem Drucke entgegensezt, nehme man zuerst an, daß

Querschnitt derselben eine rechtwinkliche Fläche bilde, oder
 sie oben gleiche Tiefe habe als unten. Liegt dann in m
 der Schwerpunkt derselben, welcher in der Richtung $m n$ her-
 gedrückt, so läßt sich ihre Masse betrachten als ein Gewicht,
 welches über den Hebelarm $f n$ hinausgedrückt werden soll.
 Der Flächeninhalt des lothrechten Querschnittes der Mauer ist
 $\frac{1}{2} g a$, oder wenn man die Höhe, wie oben $= h$; die zu-
 gehörende Tiefe $= x$ setzt, so ist derselbe $= h x$. Ist dann das
 spec. Gew. der Substanzen, woraus sie besteht $= w$; und wird
 berücksichtigt, daß das Gewicht derselben über den Hebelarm
 $= \frac{x}{2}$ hinausgedrückt werden soll; so ist das Moment ihres

Widerstandes auf gleiche Weise, als dasselbe für den Keil von
 fester Erde und Sand oben gefunden wurde, $= \frac{h x^2}{2} w$. Sol-

ange beide Momente einander das Gleichgewicht halten, so muß

$$\frac{h x^2}{2} w = \frac{h^3 \sin^2 v}{9} p$$

folgen; woraus die Tiefe der Mauer

$$x = \frac{h}{3} \left(\frac{2 p}{w} \right)^{\frac{1}{2}} \sin v$$

gefunden wird. Ist der Winkel $v = 45^\circ$, wie in den meisten Fäl-
 len nahe richtig angenommen werden kann, so ist $\sin v = \sqrt{\frac{1}{2}}$,
 und man erhält

$$x = \frac{h}{3} \left(\frac{p}{w} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Es kommt demnach darauf an, den Werth von p und von
 w zu bestimmen. Besteht die Mauer aus gebrannten Ziegelstei-
 nen, so kann man das spec. Gew. derselben in genähertem Wer-
 the $= 2$ annehmen, und das spec. Gew. der Erde und des losen
 Sandes wird dann nicht viel geringer, etwa $= 1,984$ seyn.

Nimmt man beide gleich groß an, so wird $\frac{p}{w} = 1$ und der

Werth für $x = \frac{h}{3}$; d. h. die Mauer muß den dritten Theil der

Höhe haben, als ihre Höhe beträgt; besteht aber die Mauer aus
 ungeschliffenen, im welchem Falle $w = 2,5$ gesetzt werden kann,

$\frac{1}{2}$, wenn die Dicke der Mauer am Boden durch

net wird, und der Hebelarm, über welchen ausgedrückt angenommen werden kann, $f n \approx$ Hiernach wird, die vorigen Bezeichnungen beibeh

$$\frac{1}{3} h x^2 w = \frac{1}{9} h^3 p. \sin.^2 v.$$

$$\text{oder } x^2 w = \frac{1}{3} h^2 p. \sin.^2 v.$$

$$\text{woraus } x = h \left(\frac{p}{3 w} \right)^{\frac{1}{2}} \sin. v;$$

und wenn auch hierbei $v = 45^\circ$, also $\sin. v = \sqrt{\frac{1}{2}}$ men wird;

$$x = h \left(\frac{p}{6 w} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Dieses giebt für gebrannte Steine $x = h \sqrt{\frac{1}{6}}$ oder nahe $= 0,4 h$, also die Dicke der Mauer an Zehntheile ihrer Höhe betragend. Für Bruchste wird $x = h \sqrt{\frac{2}{15}} = 0,365 h$ oder nahe genau Dicke der Mauer am Boden.

Fig. 184. Ist dagegen der lothrechte Durchschnitt der M
pez, und ihre Tiefe oben geringer als unten, n
 $= a g$ und unten $= e f$, so fälle man das Perp
welches mit $a e$ parallel ist, und nehme an, daß
der beiden hierdurch gegebenen Flächen in den Ric
Linien n und m auf den Boden drücken. Alsdann
Momente ihrer beiden Gewichte, wenn sie über d

er dem fünften Theile der Höhe gleichseyend angenommen. Halten wir also die oben gewählten Bezeichnungen bei, nennen demnach $g a = x$, so ist der Hebelarm $f m = \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} h = \frac{2}{9} h$; der Hebelarm $f n$ aber $= \frac{1}{3} h + \frac{1}{2} x$. Ferner ist der Flächeninhalt des Dreiecks, welches durch die lothrechte Linie $g n$ von der Durchschnittsfläche der Mauer abgeschnitten wird $\frac{g h \times h f}{2}$ also nach der obigen Bezeichnung $= h \times 0,1 h$

$0,1 h^2$; der Inhalt der übrigbleibenden rectangulären Fläche $= h x$. Bezieht man die Gewichte derselben auf die Hebelarme $f m$ und $f n$ über welche sie hinausgedrückt werden sollen, erhalten wir für den ersten $= \frac{2}{9} h \times \frac{1}{9} h^2 = \frac{2}{81} h^3$; und für den zweiten $= (\frac{1}{3} h + \frac{1}{2} x) h x = \frac{1}{3} h^2 x + \frac{1}{2} h x^2$. Ist dann, wie oben, das spec. Gew. der Bestandtheile der Mauer $= w$, so ist $(\frac{1}{2} h x^2 + \frac{1}{3} h^2 x + \frac{2}{81} h^3) w$ das durch den Druck der Erde zu überwindende Moment der Mauer, welches also mit $\frac{h^3 p}{18}$ im Gleichgewichte seyn muß. Aus der

$$\text{Gleichung } (\frac{1}{2} h x^2 + \frac{1}{3} h^2 x + \frac{2}{81} h^3) w = \frac{h^3 p}{18}$$

$$\text{findet man } x = h \sqrt{(\frac{1}{27} + \frac{p}{9w})} - \frac{1}{3} h$$

So die obere Dicke der Mauer $g a = h \sqrt{(\frac{1}{27} + \frac{p}{9w})}$. Für gebrannte Steine wird hiernach $x = 0,189 h$ oder nahe $\frac{1}{5} h$; für Bruchsteine dagegen $x = 0,159 h$ oder nahe $\frac{4}{25} h$ gefunden, so daß also in jenem Falle die Mauer oben $\frac{1}{5}$ ihrer Höhe, in diesem aber $\frac{4}{25}$ ihrer Höhe zur Dicke haben, in beiden Fällen aber unten um $\frac{1}{3}$ der Höhe dicker seyn muß als oben¹.

Daß man hiervon leicht eine Anwendung auf diejenigen Fälle machen könne, wenn die Zunahme der Dicke der Mauer auch unten eine andere ist, als die hier angenommene, bedarf kaum einer Erwähnung. Ferner ist hier das Verhältniß bloß für den Zustand des Gleichgewichtes gefunden, wogegen man anwenden könnte, daß hiernach die Mauer durch jeden zufällig

¹ Hutton Course of Mathematics u. s. w. 6th. edit Lond. 1811 u. 1813. III Vol. 8. II. 196. u. III. 258.

Druck

him menden Umstand umgestürzt werden müßte. Alle die n bekommen meistens Strebepfeiler, sie erhalten oder bei hohen Wällen eine Brustwehr, welche berechnet sind. Endlich ist bloß das Gewicht der Rechnung genommen, ohne die Festigkeit zu berechnen, welche sie durch den Mortel erhält. Nach diesem angegebenen Formeln für die Anwendung genügend.

Druck der Brückenbogen.

Ein solches Problem, welches auf die eben angegebene Weise aufgestellt werden kann, ist die Bestimmung, z. B. ein Brückenbogen, und der Dicke eines solchen, welche erforderlich ist, diesem Widerstand zu leisten. Nach $a b c d$ der lothrechte Durchschnitt der halben Bogen; k der Schwerpunct dieser Fläche²; K der Mittelpunkt aus diesem Puncte auf $m a$, die Sehne des Bogen; o der Schwerpunct des Kreises o die Linie $o k$ auf diese normal die bis t und verlängerte Linie $t k q p$; $m n$ parallel die Linien $l q$ und $g p$. Indem nun $k l$ die Richtung bezeichnet, in welcher der halbe Bogen herabdrückt, so läßt sich diese zerlegen in $k q$ und $q p$, wovon erstere die Richtung normal auf die Fugenlinie $r s$ bezeichnet, in welcher die Steine den Pfeiler umzustößen das Bestreben haben, letztere aber mit jener Fugenlinie parallel läuft. Erstere drückt verlängert normal auf den Hebelarm $g p$, welcher als ein Theil des gebrochenen Hebels $f g p$ angesehen werden kann, und vermöge des erhaltenen Druckes den Pfeiler über den Punct g umzustürzen strebt. Es ist also $k q \propto g p$.

1 Ueber dieses oft und vielfach behandelte Problem können verglichen werden Couplet in Mém. de Par. 1726. Lambert in Mém. de Berl. 1772. p. 33. Prony in Bulletin de la Soc. Phil. N. 24. Derselbe sur la Poussée des terres. Par. 1802. 4. Brandes Lehrb. d. Gesetze d. Gleichgew. u. d. Bewegung. Leipz. 1817. I. 252. Hutton Dict. II. 223. wo sich eine ausführliche Behandlung dieses Gegenstandes durch Dr. Young befindet, auch Tabellen für den praktischen Gebrauch angehängt sind; u. v. a.

2 Die Bestimmung des Schwerpunctes ist oft der schwierigste Theil dieser Aufgabe. Vergl. Schwerpunct.

Druck der Kraft, womit der halbe Bogen den Pfeiler drückt. Das Gewicht des Pfeilers drückt aber in der Richtung der Linie fg und soll er umgestürzt werden, so muß sein Gewicht über den Hebelarm $ng = \frac{fg}{2}$ hinübergedrückt werden. Hiernach

ergibt sich das Moment seiner Stabilität $= df \times fg \times \frac{fg}{2} = \frac{1}{2} df \times fg^2$. Bezeichnet man also den Flächeninhalt des halben Bogens $abcd$ durch a , so ist $\frac{kq \times gp}{kl} a$ der Ausdruck

der Kraft, womit derselbe den Pfeiler umzustossen strebt, und wenn beide Kräfte einander das Gleichgewicht halten sollen, so muß

$$\frac{kq \times gp}{kl} a = \frac{1}{2} df \times fg^2$$

syn, aus welcher Gleichung fg oder die Dicke des Pfeilers gefunden werden kann, vorausgesetzt daß beide, sowohl der Brückenbogen, als auch der Strebepfeiler aus gleichem Material gebaut sind.

Die Anwendung dieser Formel wird verschieden je nach der Curve, in welcher die Brücke gewölbt ist. Zur Erläuterung diene die folgende Berechnung eines der einfachsten Fälle. Es sey der Bogen der Wölbung ein Theil eines Kreisbogens, dessen Chorde ma ist; die Spannung des Bogens sey 100 F.; seine Höhe 40 F.; die Dicke oben 6 F.; die Höhe des Pfeilers an den Tragstein, oder fa sey 20 F.; also seine ganze Höhe 26 F. Hiernach ist der Radius des Kreises, wozu der Bogen b gehört, oder $ob = \frac{wb^2 + wa^2}{2wb} = 51,25$ F.; der Bogen

b selbst aber wird gefunden, wenn man berücksichtigt, daß $na = ab = aw = 50$ F. für den Halbmesser $ob = 51,25$ F. Sucht man hiernach auf die bekannte Weise den Inhalt des halben Kreissegmentes $wba = 1491$ F. und zieht diesen vom Inhalte des Rectangels $adcw = 46 \times 50 = 2300$ ab, so bleibt 809 F. für den Flächeninhalt des lothrechten Durchchnittes des halben Brückenbogens $= a$. Vermöge der Bestimmung des Punctes k folgt dann ferner aus Messung $al = 18$ F.; $k = 34,6$; $kv = 42$; $lv = 24$; $vw = 8$; $gk = 19,4$;

$t d = 85,6$; und wenn die unbekannte Dicke des Pfahns für
gesetzt wird; $t e = 86,6 + x$. Man erhält dann für
 $k l : l v = t e : e h$; woraus $e h$ nahe genau $= 24,7 + x$
gefunden wird; also $g h = g e - e h = 41,8 - 0,7 x$.
gleichem hat man $k v : k l = g h : g p$; woraus $g p = 84,02 - x$
gefunden wird. Setzt man die so bestimmten Größen in
obige Formel, nämlich

$$\frac{1}{2} d f \times x^2 = \frac{k q \times g p}{k l} x$$

so erhält man $88 x^2 = 15431,47 - 268 x$ und $88 x^2 + 268 x = 15431,47$ also x oder die Dicke der Mauer $= 1$
in einem mindestens sehr genäherten Werthe und mit Weg-
lassung der höheren Decimalstellen bei der Berechnung¹.

Druckpumpe.

**Druckwerk, Appressionspumpe; Antlia o-
pressorica, antlia elevatoria et compressorica; Po-
mpe foulante, pompe aspirante - foulante; For-
cing pump, sucking and forcing pump.**

Unter einer Pumpe im Allgemeinen und ohne weitere
andere Bezeichnung versteht man die bekannte gemeine Wa-
sserpumpe, welche sowohl eine Saugpumpe, als auch eine Dr-
uckpumpe seyn kann. Unter *Druckpumpe, Druckwerk*
könnte man jede comprimirende Maschine verstehen, allein
eingeführten Sprachgebrauche nach bezeichnet man die zum
Zusammendrücken der festen Körper, insbesondere der Luft
auch des Wassers, bestimmten Apparate mit dem Namen *Com-
pressionsmaschine, Compressionspumpe*, nennt da-
gegen Druckwerk oder Druckpumpe nur diejenigen Vorrich-
tungen, welche bestimmt sind vorzugsweise das Wasser, &
aber auch jede beliebige Flüssigkeit, durch mechanischen Dr-
uck in die Höhe zu fördern. Es giebt deren ferner zwei Arten.
eine heist *Druckpumpe* schlechtweg (*antlia compres-
soria; pompe foulante; forcing pump*), und hat die Rich-
tung, daß ein unter dem Niveau des Wassers befindlicher
Embolus gegen das in das Pumpenrohr eindringende und d

¹ S. Hutton Course. II. 199.

sch ein Ventil abgeschlossene Wasser drückt, wodurch das-
 gezwungen wird, in einem seitwärts angebrachten Rohre
 fortzubewegen oder aufzusteigen; die andere heist *Saug-*
Druckwerk, in den Bergwerken auch *hoher Satz*
utlia elevatoria et compressoria; pompe aspirante-
 lante; *sucking and forcing pump*), und unterschei-
 sich von jener nur dadurch, daß der Embolus sich in einer
 rissen Höhe über dem Spiegel der zu hebenden Flüssigkeit
 ndet, durch sein Emporsteigen unter sich einen luftver-
 nten Raum bildet, so daß der äußere Luftdruck die Flüs-
 seit zwingt in das Saugrohr aufzusteigen, worauf dann die-
 e, nachdem sie den Boden des Embolus erreicht hat, durch
 im unteren Theile des Saugrohrs befindliches Ventil abge-
 nitten, und durch den herabgedrückten Kolben gezwungen
 d, gleichfalls in das seitwärts befindliche Rohr auszuwei-
 n. Die vollständige Untersuchung beider gehört in die
 htische Mechanik, wird insbesondere zur Hydraulik oder
 rodyamik gerechnet, und da kein eigenthümliches, noch
 iger aber ein Streitiges allgemeines Naturgesetz dabei zu er-
 n ist, so werde ich mich hier begnügen, nur das Wesent-
 ste der Sache vorzutragen.

Das Wesen der *Druckpumpe* besteht also darin, daß
 mer, Salzsoole oder eine sonstige Flüssigkeit durch den
 ck eines mit keinem Ventile versehenen Embolus in die
 getrieben wird. Im Allgemeinen gehören daher zu dersel-
 eine Röhre, welche sich mit Wasser füllt, nebst einem
 ile, wodurch demselben der Rückgang abgeschnitten wird,
 einfacher Embolus an einer Stange, welcher auf das Wasser
 it, und aus einer seitwärts angebrachten Röhre, in wel-
 die Flüssigkeit durch den Druck gezwungen entweicht, und
 mittelst eines zweiten Ventiles gleichfalls gehindert wird,
 er zurück zu fließen. Die zwei angegebenen Arten haben
 im Allgemeinen folgende Einrichtung. Die eine Art ist,
 a sich der Embolus a unter dem Spiegel der zu fördernden. Fig
 igkeit befindet, welche demnach beim Aufsteigen dessel-186.
 den Raum unter ihm nach hydrostatischen Gesetzen füllt,
 b das Ventil α am Zurücklaufen gehindert wird, und so-
 beim Niedergehen des Embolus in die Steigröhre c c entwei-
 mufs, in welcher ihr das Ventil β den Rückweg abschnei-

det. Es ist klar, daß eine solche auch im luftleeren gebraucht werden könnte. Wenn dagegen der Embolus in dem niedrigsten Stande nicht unter den Spiegel des Wassers herabgeht, so hat das Rohr der Druckpumpe noch eine geringe O P, in welcher das Wasser durch den Druck atmosphärischen Luft hinaufgetrieben wird. Bewegt sich der Kolben α aufwärts, so entsteht zwischen ihm und dem Ventil α ein luftverdünnter Raum, welchen das durch das Ventil eindringende Wasser ausfüllt, beim Niedergehen des Embolus aber entweicht die dadurch comprimirtete Luft durch das Ventil β , bis nach wiederholten Hubstößen die Röhre O P mit Wasser angefüllt ist, und dann die Wirkungsart der Pumpe jeder ersten gleich. Es versteht sich dabei von selbst, daß das Rohr O P nicht mehr als die lothrechte Höhe halten darf, weil sonst der Luftdruck das Wasser nicht bis unter den Embolus zu heben vermag, ein luftleerer Raum entsteht, und die Röhre O P ein Torricellibaremeter gleichen würde; indess wird man dasselbe in der Anwendung nie von dieser ganzen Höhe verfertigen dürfen, denn ein absolut luftdichtes Schließen der Ventile nicht erreicht werden darf; außerdem auch die sehr verdünnte Luft das Ventil β nicht mehr zu öffnen und durch dasselbe zuweichen im Stande seyn würde. Es läßt sich daher annehmen, daß 20 Par. F. wohl die größte lothrechte Höhe sey, welche dem Rohre O P vom Wasserspiegel an bis zum Stande des Embolus gegeben werden darf, wenn man an einen sicheren Gang der Pumpe rechnen will. Uebrigens kann das Rohr O P schräg oder horizontal fortlaufend in größter Entfernung fortgeführt werden, wie dann auch die Zuleitungs- und Abfuhrschläuche der Feuerspritzen die Stelle desselben vertreten; ist es nicht nothwendig, obgleich wegen des Schließens der Ventile sicherer, daß das untere Ventil α sich am Boden des Rohres O P oder überhaupt unter Wasser befinde.

Bei der einfachen Förderung des Wassers aus der Tiefe dient man sich der Druckpumpen nicht häufig, noch weniger der Saug- und Druckpumpen, weil hierbei der Gang des Embolus gegen das untere Rohr gerichtet ist, und die Stellung desselben durch den zur Bewegung des Kolbens erforderlichen Mechanismus leichter wankend wird. Auf a

arf aber die Kolbenstange nicht zu lang seyn, weil sie sonst eine unmäßige Dicke haben müßte, um der unvermeidlichen Reibung nicht ausgesetzt zu seyn. Am meisten wendet man die Druckwerke in denjenigen Fällen an, wo es darauf ankommt, Flüssigkeiten durch einen in der Nähe ihres Spiegels mit Bequemlichkeit zu erhaltenden Mechanismus zu einer großen und oft sehr bedeutenden Höhe zu fördern, z. B. bei Wasserkrünten u. dgl.; um das Wasser in ein Reservoir zu heben, aus welchem es in Röhren wieder abfließt, und hierdurch einen anhänglichen Fall (die erforderliche Fallgeschwindigkeit) erhält, um aus den Ausgüßröhren bis zu der verlangten Höhe zu springen. Man kann indeß durch eine gehörige Vorrichtung diese vorgängige Förderung in ein höheres Reservoir entbehren, wenn das Wasser mit dem erforderlichen Drucke in horizontalen Röhren stark gedrückt, und hierdurch zum Aufspringen aus den Ausgüßröhren am Ende derselben gezwungen wird, wie dieses bei einigen Springbrunnen und namentlich bei den Feuerspritzen der Fall ist, welche ganz eigentlich zu den gemeinen Druckwerken gehören¹. Wenn übrigens das Wasser durch ein Druckwerk aus nicht zu großer Tiefe gefördert werden soll, ist die Verbindung eines Saugwerkes mit demselben in so fern vortheilhaft, als man den Niedergang des Kolbens durch ein Gewicht befördern, und dieses dann durch ein Gegengewicht balanciren kann, welches wiederum das Heben des Wassers in dem Saugrohre O P beim Aufsteigen des Embolus bewirkt. Sollte z. B. das Wasser 40 F. hoch gehoben werden, wäre nur nöthig, dasselbe 20 F. hoch zu drücken und 20 F. hoch durch Saugen zu fördern. Indem es ganz gleich ist, ob man eine Wassersäule von einer gegebenen Basis und 20 F. Höhe anhebt, oder durch das Aufziehen eines Embolus ein Vacuum hervorbringt, in welchem eine Wassersäule von gleicher Basis und Höhe durch den äußeren Luftdruck emporgehoben wird, die Richtungen der Bewegung des Kolbens aber, wodurch das Wasser in die Höhe gedrückt und durch welche es durch Saugen emporgehoben wird, einander entgegengesetzt sind, so hat man bei jeder Bewegung des Embolus nur eine

¹ S. Feuerspritze.

Wassersäule von 20 F. zu wältigen, beide Bewegungen sind, rücksichtlich des erforderlichen Kraftaufwandes, der gleich, und man verincidet den leeren Rückgang des Stiefels. Bei einer solchen Pumpe ist es aber erforderlich, der Raum zwischen dem Ventile β und dem Embolus so als möglich sey, weil sonst vorzüglich bei nicht hohem Stande des Embolus die Luftverdünnung in jenem Raume nicht so wird, als erforderlich ist, um das Wasser zu der verlangten Höhe empor zu saugen ¹.

Die gemeinen Druckpumpen waren schon den Alten bekannt, und es geht aus der Beschreibung beim *Vitruv* ² vor, daß schon Ctesibius 150 Jahre v. Ch. Geb. solche erbauet. Seitdem sind sie auf mannigfaltige Weise abgeändert, ohne man bei der Einfachheit ihres Principes im Wesentlichen der ursprünglichen Einrichtung abweichen konnte. Vorzüglich pflegt man zwei oder auch mehrere Druckwerke mit einander zu verbinden, theils um mehr Wasser zu erhalten, ohne einzelnen Stiefeln eine unförmliche Weite zu geben, theils die bewegende Kraft stets gleichmäfsig zu beschäftigen, in man z. B. bei zwei Druckwerken den einen Embolus aufsteigen läfst, während der andere niedergeht. Das geförderte Wasser wird dann in ein gemeinschaftliches Gefäß vereinigt. Bei der großen Maschine zu Marly z. B. dienen acht Pumpen zur Entleerung des Reservoirs, und heben in 24 Stunden mehr als 80000 Litres Wasser zu einer Höhe von 160 Metres ³. Man hat in einzelnen Druckpumpen die Einrichtung gegeben, sie sowohl beim Aufsteigen als auch beim Herabgehen des Embolus das Wasser heben. Hierzu ist erforderlich, daß die Plebenstange sich in einer wasserdichten, und wenn die Pumpe Fig. 188. gleich als Saugwerk wirkt, in einer luftdichten Stopfbüchse bewege. Geht dann der Embolus in die Höhe, so öffnen die Ventile α, α' während die andern β, β' sich schliessen, im Stiefel befindliche Wasser muß daher in das Rohr nach unten weichen, und wird in demselben emporgetrieben; wird der

¹ Borgnis Traité complet de Mécanique appliquée aux Arts. machines hydrauliques. Par. 1819. 4. p. 18 ff.

² De Archit. L. X. c. XII.

³ Borgnis Théorie de la Mécanique usuelle. Par. 1821. 4. p. 4.

in der Embolus herabgedrückt, so ist das Spiel der Ventile umgekehrt, es öffnen sich β, β' , dagegen werden α und α' geschlossen, und das Wasser steigt in der Röhre n empor. Beide Saugröhren vereinigen sich weiter oben in eine gemeinschaftliche Röhre, aus deren oberem Ende das Wasser ohne Unterbrechung ausströmen würde, wenn nicht im Momente des wechselnden Kolbenspiels ein augenblicklicher Stillstand einträte. Dafs übrigens durch diese Einrichtung der Nutzeffect vermehrt werden sollte, ist nicht der Fall; man wird zwar eine doppelte Menge Wassers in gleicher Zeit zu heben vermögen, nicht mit der einfachen Pumpe, allein hierzu auch einen doppelten Kraftaufwand bedürfen².

Bei weitem die meisten Druckpumpen haben einen stehenden Stiefel; indess kann man ihnen auch einen liegenden geben, LANGSDORF² räumt diesen im Allgemeinen den Vorzug ein. Construction derselben ist sehr einfach, wie sich aus der Abbildung derselben zeigt, wenn man zugleich eine doppelt wirkende Druckpumpe mit doppelten Saugröhren verbunden nimmt. Es ist nämlich hierbei gleichfalls a b die Stopfbüchse, Fig. 189. in die Kolbenstange sich luftdicht bewegt, die beiden Saugröhren sind V und W; die beiden zugehörigen Steigröhren Q und R. In der Lage, welche die Zeichnung vorstellt, hat der Embolus e das äufserste Ende seines Hinganges erreicht, und dessen das Ventil β' geschlossen war, das Wasser aber aufsteigen wurde, durch das geöffnete Ventil α' in dem Steigröhr R aufzusteigen. Beim demnächst folgenden Rückgange schließt sich durch sein eigenes Gewicht sowohl, als durch den Druck des Wassers das offene Ventil α' und öffnen sich dagegen β und β' ; durch ersteres wird der Stiefel hinter dem Embolus wieder mit Wasser gefüllt, das alte Wasser aber, welches vor dem Embolus ist, kann durch das Ventil β in das Steigröhr Q entweichen, und in demselben aufsteigen. Dafs man oberhalb beide Steig-

² Vergl. Robison System of Mechanical Philosophy. Edinb. 1822. II. 8. II. 662.

³ Lehrbuch der Hydraulik mit beständiger Rücksicht auf die Erzeugung. Altenburg 1794. II Vol. 4. I. 416.

rohre gegen einander krümmen und in eins vereinigen versteht sich von selbst.

Unter den verschiedenen Abänderungen der Druckpumpe verdient insbesondere diejenige eine nähere Erwähnung mittelst deren eine bedeutende Menge Wassers mit einem geringen Aufwande von Kraft zu einer nicht grossen Höhe gehoben werden kann¹. Die vortheilhafte Anwendung dieser Pumpe beruht insbesondere darauf, daß der Embolus sich ohne Reibung bewegt, und man kann dieselbe sowohl als einen einzigen Stiefel bestehend, als aus zwei mit einander verbundenen construiren, welche letztere Einrichtung noch zweckmässiger, und hier dargestellt ist. Sie besteht aus zwei cylindrischen Röhren A B, A' B', eine jede mit einer etwas engeren Seitenröhre a b, a' b' verbunden, und mit den Ventilen α , β ; α' , β' versehen. In den ersteren beiden weiten Röhren gehen hin und her die Cylinder m n; m' n' auf und ab, welche gleiche Höhe haben, als die Röhren selbst, und bei ihrer Bewegung nur bis in die Mitte derselben gehoben werden. Die Cylinder füllen den inneren Raum der Röhren in so weit aus, daß sie nur so viel Spielraum zwischen sich lassen, als zur freien Bewegung des neben ihnen emporgedrückten Wassers erforderlich ist. Die Figur zeigt beide Cylinder im Zustande des Gleichgewichts, oder in gleicher Höhe, und gleich weit das Wasser der Stiefel eingetaucht. Wird einer derselben niedergedrückt, so sinkt er eben so tief, als der andere, und indem er beim Niedergange das unter ihm befindliche Wasser niederdrückt, und dadurch zwingt, durch das Ventil α der Steigröhre a b aufzusteigen, während demselben das Ventil α' der Rückgang abgeschnitten ist, so verstatet je das Wasser durch seine Erhebung dem umgebenden Wasser das Ventil α' vermöge des hydrostatischen Druckes in dem ihm verlassenen Raum zu dringen, während dem in der Steigröhre a b befindlichen Wasser der Rückgang durch das Ventil β abgeschlossen wird. Das in beiden Steigröhren gehobene Wasser wird in die gemeinschaftliche Rinne g g vereinigt, u

¹ Sie ist, so viel mir bekannt, zuerst beschrieben durch Thomas Savery in der Encyclop. Brit. Art. Pumps. Waterworks. Vergl. Thorpe's Lectures on nat. Phil. Lond. 1807. II Vol. 4. I. 331.

an derselben ab. Beide Cylinder, welche durch ihr eigenes Gewicht herabsinken, hängen an Ketten über die Bogentheile der Balanciers $p q$, welcher wie ein Waagebalken auf den in einem ruhenden Schneiden eines Zapfens leicht beweglich ist. An diesem Balanciere selbst, oder besser auf einem Brette, welches an den, von dem Balanciere herabgehenden, beweglichen Stangen r, s befestigt ist, geht ein Mann hin und her, oder es wird zur Vermeidung des lästigen Umkehrens an beiden Seiten dieser Stangen ein Brett befestigt, und beide werden an den Enden mit einander verbunden, so daß er auf dem einen hin und auf dem andern zurückgeht, und durch sein Gewicht den einen Cylinder hebt, den andern niederdrückt. Es verdient hierbei noch bemerkt zu werden, daß in dem Augenblicke, wenn der Mensch sich am äußersten Ende befindet, der niedergedrückte Cylinder durch den hydrostatischen Druck des Wassers am stärksten gehoben, der andere aber durch sein ganzes Gewicht am stärksten herabgezogen wird. Dort ist also der erforderliche Kraftaufwand am stärksten, nimmt ab, so wie der Mensch sich von der Mitte hin bewegt, und verschwindet, wenn er sich genau in der Mitte befindet, so daß also das Spiel der Maschine stets regelmässig bleibt. Nach ROBINSON¹ hob ein alter und schwacher, nur 110 kg wiegender, zur Ausübung eines größeren Druckes mit 30 kg auf das bequemste belasteter Mann 10 Kub. F. oder 580 kg Wasser 11,5 F. hoch in einer Minute 10 Stunden des Tages ohne große Ermüdung, ein junger Mann von 135 kg schwer, gleichfalls mit 30 kg Gewicht bequem belastet, 9,25 Kub. F. oder 766 kg Wasser zu der nämlichen Höhe und eine gleiche Zeit arbeitend, welches der größte Effect ist, den nach irgend einer Angabe ein Arbeiter geleistet hat. Die Pumpe selbst ist erfunden durch einen gemeinen und ungebildeten Mann, aber von ausgezeichneten Anlagen zur Mechanik.

Die Kraft, womit in gewöhnlichen Pumpen der Embolus niedergedrückt werden muß, die Reibung nicht gerechnet, ist nach hydrostatischen Gesetzen einer Wassersäule gleich, welche die Fläche des Kolbens zur Basis und die Länge der Wassera-

¹ a. a. O. Vergl. System of Mech. Phil. II. 670.

der in der Steigröhre vom Boden des Embolus an bis an das Niveau des gehobenen Wassers zur Höhe hat. Steht dann der Embolus und das untere Ventil unter Wasser, also beim einfachen Druckwerke, so geht von dieser zu bewegendem Last so viel als der Druck des Wassers außerhalb der Pumpe, die Höhe desselben über dem Boden des Embolus allein in Rechnung genommen, beträgt, oder der Druck ist einer Wassersäule gleich, welche die Fläche des Embolus zur Basis und den Abstand des unteren Wasserspiegels von oberem zur Höhe hat. Wäre z. B. der Flächeninhalt des Embolus = 3 Quadrat-Zolle; die Höhe der gehobenen Wassersäule, auf die eben angegebene Weise gemessen (ohne Rücksicht auf ihre, hierbei bekanntlich nicht in Betracht kommende Dicke ¹) = 40 F.; das Gewicht eines Par. Kub. F. Wasser = 70 ℥, so würde die zum Heben erforderliche

Kraft ohne Rücksicht auf die Reibung = $\frac{3}{144} \times 70 \times 40 =$

58,33 . . . ℥ betragen, welches Gewicht dann bloß bei Niedergange des Embolus zu überwinden wäre. Bestände die Pumpe dagegen zugleich aus einem Saugwerke und einem Druckwerke, und wäre die durch Saugen zu hebende Wassersäule der Fläche und Höhe der durch Druck empor zu treibenden gleich, wie dieses rücksichtlich der Fläche nicht füglich anders seyn kann, so würde die angegebene Kraft auf jede der beiden Bewegungen des Kolbens gleichmäÙig vertheilt seyn, widrigenfalls aber, bei ungleichen Höhen der Wassersäulen im geraden Verhältnisse der letzteren stehen. Es ist daher aus dem schon angegebenen Grunde vortheilhaft, wenn diese Art Pumpen eingerichtet werden, daß sich der Embolus in der Mitte der hebenden Wassersäule befindet, wenn man nicht darauf Rücksicht nimmt, daß beim Herabgehen des Kolbens das Gewicht desselben und seiner Stange zugleich mit herabdrückt, beim Hinaufgehen zugleich mit gehoben werden muß ². Diese Ungleichheit fällt bei den Druckwerken mit horizontalem Stempel weg, und sie sind daher unter geeigneten Umständen allerdings vortheilhaft. Nach der Erfahrung ergibt sich ferner, daß

1 S. *Hydrostatik*.

2 Borgnis *Théorie de la Mécanique usuelle*. Par. 1821. 4. p. 290.

ntzeffect der besten Pumpen um $\frac{1}{8}$ vermindert wird durch
 n Verlust an Wasser, welches die Kolben und Ventile vorbeie-
 sen, und durch die Reibung; wird aber Wasser vermittelt
 upen und durch die Kraft überschlächtiger Räder gehoben,
 wird man bei der vollkommensten Einrichtung kaum 0,75 so
 pl-Wasser zu einer dem bewegenden Wasser gleichen Höhe
 dern können, bei Schaufelrädern aber nur 0,25 desselben ¹.

Eine Unbequemlichkeit der Druckwerke besteht darin, daß
 a Heben der Flüssigkeiten aufhört, und somit zugleich das
 mfließen derselben aus der Ausgufsröhre, während der auf-
 kts gehenden Bewegung des Embolus. Um dieses zu vermei-
 n, pflegt man mehrere Pumpen mit einander zu verbinden, und
 en Gang so zu reguliren, daß zu jeder Zeit mindestens *einer*
 r Kolben mit seiner vollen Kraft gegen das Wasser drückt.
 n eben dieser Ursache pflegt man auch die Druckwerke so
 nrichten, wie oben angegeben ist, nämlich daß der Embo-
 s bei jeder seiner Bewegung das Wasser in die Höhe drückt.
 das tritt bei einem einzelnen doppelt wirkenden, oder bei
 i abwechselnd auf und nieder bewegten Kolben doch beim
 chsel der Bewegung allezeit ein momentaner Stillstand ein.
 l man daher auch diesen vermeiden, und ein stets regelmä-
 es Ausströmen der Flüssigkeit erreichen, so setzt man das
 igrohr mit einem *Windkessel* (reservoir d'air; *air*
barrel, *air barrel*) in Verbindung, wie dieses namentlich
 den Feuerspritzen und allen denjenigen Druckwerken ge-
 iet, durch welche ein anhaltend aufspringender Wasser-
 hl erzeugt werden soll, z. B. bei den Springbrunnen, bei
 en das Wasser nicht vorher auf eine Höhe gefördert wird,
 welcher nachher herabfallend es die Fontaine bildet. Die
 idkessel müssen im Allgemeinen so angebracht seyn, daß sie
 n anfangenden Spiele der Pumpe ganz mit Luft gefüllt sind,
 che durch das comprimirte Wasser nicht herausgetrieben,
 dern in einen kleineren Raum zusammengepreßt wird. Sie
 sen daher mit der Steigröhre verbunden und aufwärts ge-
 tet seyn, so daß das comprimirte Wasser die in ihnen ent-
 tene Luft so viel mehr zusammendrückt, je größer die Ge-

¹ Borgnis a. a. O. p. 222.

walt des Druckes ist, welcher auf dasselbe wirkt, wodurch der Windkessel selbst zum größten Theile mit Wasser gefüllt wird. Während der Zeit, welche der Embolus dann zum Rückgehen gebraucht, wenn die Maschine nur mit einem einzigen Stiefel versehen ist, oder während des Wechsels der Kolben mehrerer Pumpen drückt die Luft nach dem Mariotteschen Gesetze mit einer der erhaltenen Compression direct proportionalen Kraft gegen das Wasser, und wird also die Fortsetzung der Bewegung desselben bewirken, bis der Embolus aufs Neue seinen Druck beginnt. Hieraus ergeben sich indess folgende Regeln hinsichtlich der Beschaffenheit des Windkessels: 1. derselbe muß von hinlänglicher Weite seyn, um neben der comprimierten Luft noch eine so große Menge Wassers zu fassen, als erforderlich ist, den Ausfluß während der Zeit zu unterhalten, als die Kolben nicht drücken. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die in einem engeren Raum comprimierte Luft bei ihrer Ausdehnung in ihrem vermehrten Volumen proportional an Druckkraft verliert; mithin muß der Gesamttinhalt des Windkessels so groß seyn, daß das Volumen des während des Stillstandes der Kolben demselben gepressten Wassers einen nicht zu großen aliquoten Theil der Gesamtmasse der comprimierten Luft beträgt. Würde z. B. die comprimierte Luft während des Stillstandes des Kolben Zeit haben, sich um 0,1 ihres Volumens auszudehnen, so würde sie am Ende dieser Zeit auch 0,1 an Druckkraft verloren haben, und die Sprunghöhe des Wasserstrahles daher nahe um eine gleiche Größe vermindert werden. Es könnte in dieser Hinsicht bei einem erforderlichen sehr starken Drucke und verlangter stets möglichst gleicher Höhe des Wasserstrahles, vortheilhaft seyn, über dem Windkessel eine Luftcompressionspumpe anzubringen, und vermittelst derselben das absolute Quantum der Luft im Windkessel zu vermehren, wenn nicht das hierbei erforderliche Ventil das luftdichte Schließen des Apparates unsicherer machte. Auf allen Fall würde es zweckmäßigsten seyn, wenn man eine solche Vorrichtung brauchen wollte, die Mündung der Compressionspumpe seitwärts

Fig. am Windkessel, etwa bei o oder unterhalb v anzubringen, wie
 191 und die Ventile weit leichter wasserdicht als luftdicht schließen
 192. und es ohne Nachtheil wäre, wenn der Stiefel der Compressionspumpe sich später mit Wasser füllte, vorausgesetzt, daß

man die Kolbenstange derselben festhalten könnte, um das Heraus des Embolus über die zum Einsaugen der Luft bestimmte Öffnung, und das Auslaufen des eingedrungenen Wassers aus derselben zu vermeiden. Die Vermehrung der Größe des Windkessels ist indess in so fern unbequem, als zugleich 2. derselbe eine bedeutende Stärke haben muß, um dem starken Drucke des Wassers und der Luft zu widerstehen. Man verfertigt denselben daher in der Regel aus geschlagenem Kupfer, dessen Dicke 0,5 bis 1 und selbst mehrere Linien beträgt, und giebt ihm zur Ausübung eines stärkeren Widerstandes eine gewölbte Form, damit das Metall mehr durch Ueberwindung seiner absoluten Festigkeit zerrissen, als nach überwundener relativer Festigkeit seitwärts gedrückt werde. Um die Elemente der hierbei erforderlichen Berechnung anzugeben, sey der Inhalt eines solchen Windkessels = 0,25 Kub. F. oder 432 Kub. Z.; die erforderliche Höhe des Wasserstrahles sey derjenigen gleich, welche durch den Druck einer Wassersäule von 200 F. lothrechter Höhe hervorgebracht werden würde ¹, so ist die Compression

der Luft = $\frac{200}{32} = 6,25$ fach, oder ihr Druck beträgt 6,25 At-

mosphären, und die Verminderung ihres Volumens im Windkessel ist dieser Vermehrung ihrer Elasticität direct proportional.

Die comprimirte Luft würde hiernach also nur $\frac{432}{6,25} = 69,1$

Kub. Z. betragen, gegen einen Quadratzoll Fläche mit 100,54 . . & drücken ², und durch den Ausfluß von 7 Kub. F. Wasser 0,1 ihrer Druckkraft verlieren. Aus der Bestimmung der absoluten Festigkeit des Kupfers ³ ergibt sich dann, daß die Dicke einer Linie dieses Metalles einem solchen Drucke allerdings Widerstand zu leisten vermag, wenn es ohne etwanige Mängelstellen ist.

Der Nutzen der Windkessel zeigt sich indess auch ohne das Erforderniß eines anhaltend springenden Wasserstrahls in so fern, als durch denselben das Wasser in seiner einmal angenom-

¹ Vergl. *Springbrunnen*.

² Vergl. *Aërostatik*. Th. I. p. 262.

³ Vergl. *Cohäsion*.

menen Bewegung erhalten wird, anstatt daß sonst nach eingetretenem Stillstande die Trägheit der ganzen, im Steigrohre enthaltenen Wassersäule überwunden werden müßte, welches einen nicht geringen Aufwand von Kraft erfordern würde ¹.

Die *Windkessel* können von sehr verschiedener Form, Lage, Gröfse und Beschaffenheit seyn; im Allgemeinen aber Fig. 191. gibt es zwei Arten derselben. Die eine Art faßt zugleich die Steigrohre T in sich, welche in derselben so weit herabgeht, daß sie das Oeffnen des Ventiles β nicht hindert. Letzteres findet bei d an einem durch den Windkessel gezogenen Stabe, oder besser an einem hinter dem Ventile befestigten und gehörig gebogenen Stifte einen Widerstand, welcher es hindert ganz rückwärts zu schlagen, in welchem Falle es sich nicht wieder schließen würde. Die untere trompetenförmige Erweiterung des Steigrohres dient dazu, dem einströmenden Wasser einen leichteren Zugang zu verstatten, auch darf das Hinderniß bei d der Mündung des Steigrohres nicht so sehr genähert seyn, daß das freie Einströmen dadurch gehindert wird. Das Steigrohr ist entweder oben bei a b festgelöthet, welches in so fern besser ist, als dieses vollkommene Sicherheit gegen das Ausströmen der Luft giebt; oder es ist vermittelt einer Scheibe zwischenliegenden Leders luftdicht eingeschoben, welches den Vortheil gewährt, daß man dasselbe herausnehmen kann. In beiden Fällen kann man dem Windkessel auch die Einrichtung geben, daß er sich unten beim Ventile abschrauben läßt, wodurch ein Zerlegen der Maschine und Ausbessern der einzelnen Theile gestattet wird.

Fig. 192. Die zweite Art der Windkessel wird seitwärts am Steigrohre T angebracht, das Wasser dringt in dasselbe, comprimirt die Luft, und wird durch diese wieder empor gedrückt. Diese Art hat den Vorzug, daß sie wegen ihrer überall gekrümmten Fläche einen größeren Druck aushält, auch nirgend Fugen hat, durch welche ein Theil Luft entweichen könnte; sie ist aber in so fern nachtheiliger, als das Wasser gezwungen wird, sich seitwärts zu bewegen, wodurch ein Theil der bewegendenden Kraft verloren wird. Zum Ueberflufs möge noch hinzugesetzt werden, daß in beiden das Wasser anfänglich bis o p und v v steigt, ehe die

¹ Vergl. Robison System of Mech. Phil. II. 657.

Impression der Luft beginnt, dann bis zu einer der Luft-
impression proportionalen Höhe steigt, und beim jedesmaligen
Umschlag der Bewegung des Kolbens um einen der ausgegossen-
en Wassermenge proportionalen Theil herabsinkt.

Ohngeachtet übrigens der Windkessel bewirkt, daß der
Wasserstrahl ununterbrochen ausströmt, so folgt daraus doch
niemals, daß unter übrigens gleichen Bedingungen eine grö-
ßere Menge Wassers durch ein Druckwerk mit einem Windkes-
sel in gleicher Zeit gefördert werde, als durch ein anderes ohne
Windkessel. Vielmehr könnte man aus der Theorie folgern, daß
die Quantität in beiden Fällen gleich seyn müsse, wenn man
annehmen dürfte, daß bei einem Druckwerke ohne Windkessel
die abwechselnd größeren und geringeren Ausflussmengen ein-
ander compensiren. Indefs läßt es sich aus den vorhergehen-
den Betrachtungen erklären, daß der Erfahrung nach die Druck-
werke durch Anbringung eines Windkessels unter übrigens glei-
chen Bedingungen in gleichen Zeiten eine größere Menge Was-
ser zu fördern fähig werden ¹

Der Bau der Druckpumpen ist im allgemeinen sehr einfach,
kann aber nach den verschiedenen Bestimmungen derselben auf
vielfache Weise abgeändert werden. Eine der vorzüglichsten
Regeln dabei ist, daß keine der Röhren, auch die Oeffnungen
der Ventile nicht, zu enge sind, weil sonst das Wasser hierin
den Nachtheile der bewegenden Kraft eine größere Geschwin-
digkeit erhalten muß, als erforderlich ist. Außerdem ist noch
zu sehen, daß das eigene Gewicht des Embolus und der
Reibung ohne Beschwerde der bewegenden Kraft bleibe, und wo
möglich zur Förderung des Wassers benutzt werde. Nothwen-
dig ist ferner eine genaue und glatte Bohrung der Röhren, damit
das Wasser bei seiner Bewegung kein Hinderniß finde, insbe-
sondere aber der Embolus überall genau anschließen könne und
nicht zu viel Reibung erleide. Hauptsächlich ist dabei dann zu
beachten, daß die Emboli gut geliedert sind, und genau pas-
sen, um ohne übermäßige Reibung kein Wasser neben sich vor-
zulassen. Man hat der Vorschläge zur Construction der Letz-

¹ James Smith Panorama of Science and Art. 2d ed. Lond. 1823.
Vol. 8. II. 116.



ten, vorher in Fett gesottenen, Scheiben Sohlenle geschoben, durch die untere Scheibe *c c* festged mittelst versenkter Schrauben *γ, δ . . .* zusammen endlich der Embolus auf der Drehbank genau abg wohl vorzüglicher dürften die in England übliche welche bei einfachen Druckpumpen aus einem Ende der Kolbenstange gesteckten Stücke Kork über welches von oben herab eine lederne Ka wird. Bei den Saug- und Druckpumpen ist di
Fig. 194. pelt. Es ist nämlich *a b* der etwas hervorsteh aufwärtsgehenden, *α β* der herabwärtsgehenden dazwischen liegender metallener Ring; die Füll können von Leder, Werg oder Korkholz gemach bei *α β* vorstehende Rand der Kappe gewährt de selbst bei nicht gedrängtem Gange des Embolus befindliche Wasser bei seiner Compression ih treibt, und dadurch sich selbst den Zugang zu ben dem Embolus versperret, und eben so wird l des Kolbens der Rand *a b* sich ausbreiten, der neben demselben hin versperren, und das Aufs sers möglich machen ¹.

Weil indess diese Emboli durch das Wasser werden und sich abnutzen, Reparaturen aber e und zuweilen gefährlichen Stillstand der Mas

cht herabsinken. Man vernachlässigt hierbei das wenige Wasser, welches neben dem Embolus entweicht, wegen des großen Vorzugs, daß sie keiner oder mindestens sehr selten einer Reparatur bedürfen ¹.

Die Ventile der Druckpumpen bedürfen keine besondere Erwähnung. Die meisten derselben und im Ganzen die brauchbarsten sind Klappenventile, wie sie die Zeichnungen der Druckwerke angeben, und bestehen entweder aus einem Stücke Holz mit untergelegtem Leder, oder besser aus einer Scheibe Metall, welche selbst eben geschliffen auf einem gleichfalls eben geschliffenen Boden aufliegen, in einem Charniere leicht beweglich ist, und sich so weit wie möglich öffnen, um dem eindringenden Wasser den geringsten Widerstand entgegenzusetzen.

Ausführliche Beschreibungen und Abbildungen der manniglei Druckwerke findet man bei LEUPOLD ², BELIDOR ³ am Schönsten und vollständigsten in den großen englischen Encyclopädien, in den angezeigten Werken von LANGSDORF, BORGES u. a.

Unter die größten und berühmtesten, aus Druckwerken zusammengesetzten Maschinen gehört ohne Zweifel die zu MARLY, welche LEUPOLD, BELIDOR und WEIDLER ⁴ beschrieben haben. LUDWIG XIV. ließ sie erbauen, um die Springbrunnen der Gärten zu Versailles, Marly und Trianon mit Wasser aus der Seine zu versorgen. An ihr haben 1800 Menschen sieben Jahre lang gearbeitet, 1700000 q Kupfer, eben so viel Blei, zwanzigmal so viel Eisen und hundertmal so viel Holz darin verbauet, und die Kosten überstiegen acht Millionen Livres. Der Baumeister der Maschine war RANNEQUIN aus Lüttich, welcher dem Minister COLBERT von einem Edelmann daselbst, Namens DE VILLE vorgeschlagen war, und in gewisser Hinsicht unter dessen Aufsicht arbeitete, weswegen DE VILLE von einigen als Erfinder des Mechanismus genannt wird. Zu ihr gehören 14 unterthlächige Räder, welche das Wasser in einen 500 F. über dem

¹ Robison a. a. O. p. 669.

² Theatrum machin. hydranl. I. 108; II. 110.

³ Architectura hydraulica Liv. III. §. 870.

⁴ Tract. de machinis hydraulicis toto terrarum orbe maximis, parisiensi et Londinensi. Viteb. 1733. 4.

Spiegel des Flusses und 3684 F. entfernt liegenden Behälter heben. Die ganze Strecke dahin ist in drei Absätze getheilt, in welche das Wasser ausgegossen, und aus dem ersten und zweiten durch neue Druckwerke vermittelt Feldgestänge abemals gehoben und dem letzten Reservoir zugeführt wird. Vier Räder treiben die ersten 64 Druckwerke, welche das Wasser in die Behälter des ersten Absatzes fördern, die übrigen 10 Räder treiben 20 Feldgestänge, von denen 7 bis in den kleinsten unteren Behälter gehen, und daselbst durch 49 Druckwerke das Wasser in den kleinsten oberen Behälter des zweiten Absatzes treiben; die übrigen 13 Feldgestänge gehen durch den größeren unteren Behälter bis an den größeren oberen fort, setzen unten 40 Druckwerke in Bewegung, die das Wasser in den größeren oberen Behälter bringen, und oben noch 82, die dasselbe endlich auf den eigentlichen Wasserthurm heben. So weitläufig übrigens diese Maschine ist, so haben doch die Berechnungen von DAN. BERNOULLI¹ und KARSTEN² dargethan, daß ihre Einrichtung keineswegs die vollkommenste ist, die sie seyn könnte. Die Zeit hat den größten Theil derselben unbrauchbar gemacht.

Bekannt ist ferner ein großes Druckwerk zu *Chaillot*, dessen kolossaler Stiefel zwei P. F. inneren Durchmesser hat, und worin der Embolus beim Aufsteigen sowohl als auch beim Niedergehen 6 P. F. durchläuft, der Windkessel hat 15 P. F. Höhe und 3 F. Durchmesser³. Ein gleichfalls merkwürdiges Druckwerk ist ferner dasjenige, welches die Wasserkünste zu Herrenhausen bei Hannover speiset, und sich insbesondere durch einen sinnreichen Mechanismus auszeichnet, vermittelt dessen die um die Wellen der Räder gelegten Kränze zuerst die Kolbenstangen der Druckpumpen niederdrücken, dann eine Auslösung erhalten, und indem sie frei rückwärts gedreht werden können, das Aufziehen des Embolus gestatten, bis eine Sperrung sie wieder an der Welle befestigt. Das Wasser wird unmittelbar in Röhren geprefst, welche in horizontaler Lage unter der

1 Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii. Argent. 1738. 4. Sect. IX. §. 27. p. 180.

2 Lehrbegriff der gesamten Mathematik. Th. V. Absch. 23 ff.

3 Borgnis Théorie de Méc. usuelle. p. 221.

nde hinlaufend dasselbe bis zu den Ausgufsrohren der Fontainen führen ¹.

Die grösste senkrechte Druckhöhe ist durch diejenigen Druckpumpen erreicht, welche v. REICHENBACH angelegt hat, die die Soole von Berchtesgaden nach Reichenhall zu leiten. Bei Soolenhebungsmaschinen fördern die gesättigte Soole zu einer gemeinschaftlichen senkrechten Höhe von 1579 altbaierische Fufs, also den bayerschen Fufs zu 129,38 Par. Lin. gerechnet, 1418 P. F.; die ganze Röhrenlänge beträgt 101796 B. F. (1461 P. F.), und die eine Hauptsäulenmaschine hebt die Soole auf der unglaublichen senkrechten Höhe von 1218 B. F. (1094 P. F.) welches auf Wasser reducirt 1500 B. F. (1348 P. F.) tragen würde. Die Stiefel haben $13\frac{3}{4}$ und $11\frac{1}{4}$ Z. inneren Durchmesser ².

Eine vollständige Abhandlung über die Druckpumpen würde noch Untersuchungen erfordern über das Verhältnifs der Zeit zur geförderten Wassermenge, die Geschwindigkeit der Bewegung des Wassers in den verschiedenen Theilen der Maschine, die erforderliche relative Gröfse dieser letzteren, die theilhafteste Weite und Oeffnung der Ventile u. dgl. m. In der That aber eine ausführliche Erörterung dieser verschiedenen Aufgaben hier zu weitläufig seyn würde, und den gröfseren Werth über die Hydrodynamik überlassen bleiben mufs, so will ich nur im Allgemeinen Folgendes bemerken.

Vor allen Dingen ist erforderlich, dafs die Oeffnungen der Ventile so weit wie möglich gemacht werden, weil sonst das durchströmende Wasser eine der Weite umgekehrt proportionale Geschwindigkeit auf Unkosten der bewegendenden Kraft verlieren mufs, und eben diese Regel gilt auch hinsichtlich der Länge der Röhrenlänge, durch welche das comprimirt Wasser beströmt wird, in welcher hauptsächlich alle Verengerungen oder Hindernisse zu vermeiden sind. Uebrigens gewinnt die Construction der Druckwerke durch den Windel, in welchen das Wasser zunächst aus dem Stiefel geprefst werden mufs, dessen Mündung daher nicht zu enge seyn darf,

¹ Vergl. Poppe Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens Bd. 10.

² G. LIX. 206.

und indem seine Größe es gestattet, daß die Luft in der
 allezeit nahe gleich starke Spannung besitze, so wird
 durch der Druck gegen das Wasser auch eine stets nahe
 bleibende Größe, mithin die Bewegung des Wassers an-
 gleich schnell seyn, so daß keine Ueberwindung seine-
 heit nothig wird.

Die Krümmungen, welche das Wasser auf seiner
 durchlaufen muß, sind allerdings ein unvermeidliches
 nifs seiner Bewegung, und erfordern daher eine Vermehr-
 bewegenden Kraft. Man rechnet nach den Resultaten d-
 suche, daß durch eine genau rechtwinkliche Biegung
 Rohres ohne weitere Krümmung oder Rundung die Ge-
 digkeit um $\frac{1}{2}$ vermindert wird, zu dessen Ueberwindung
 erforderliche Druckkraft um $\frac{1}{2}$ vermehrt werden muß.
 letztere wird am bequemsten durch das Gewicht einer
 säule von einer gegebenen Basis und Höhe (*head of*
 ausgedrückt. Soll bloß die Trägheit des Wassers über-
 und dasselbe mit einer Geschwindigkeit $= v$ in einer S-
 tunde bewagt werden, so ist die hierzu erforder-
 Druckkraft $k = \frac{v^2}{2g}$. Denkt man sich dann ein Was-

Fig. e f g h, aus welchem das Wasser durch die Rohre h
 195. fließt, nennt die Fläche des inneren Querschnittes die-
 re $= A$; die der Ausflußöffnung $= B$, so ist die Ge-
 digkeit des Wassers in der letzteren $= v \frac{A}{B}$. Bezeich-

ferner durch b den Querschnitt des Wasserstrahles,
 derselbe beim Ausfließen aus einer Röhre vom Qua-
 $= a$ aus einer Oeffnung $= B$ an derjenigen Stelle hat
 am meisten zusammengezogen ist, so daß z. B. beim
 aus einer Oeffnung in einem dünnen Bleche $b = 0,62$
 so beträgt die Wassersäule, oder die sie ersetzende Dr-
 welche erforderlich ist, um demselben an dieser Stelle
 wegung $= v$ zu geben, eine Größe, welche durch die
 $\frac{v^2 a^2}{2g b^2}$ bezeichnet werden kann. Wenn man aber das

1 Vergl. *Hydraulik*.

geebene, aus der Biegung des Rohrs entstehende Hinderniß zu dem aus der Verengung des Ventiles entstehenden hinzuaddirt, welches am bequemsten ist, also $c = b (1 + \frac{v^2}{g})$ setzt, so er-

hält man statt der oben angegebenen Formel nunmehr $\frac{v^2 a^2}{2g c^2}$

solche Größe zu der oben gefundenen, wodurch die Trägheit des Wassers überwunden wird, hinzuzuaddiren ist. Die ganze Wassersäule also oder das derselben gleiche Gewicht, wodurch im Wasser die Geschwindigkeit $= v$ mitgetheilt wird, ist dem-

nach $= \frac{v^2}{2g} \left(\frac{a^2}{c^2} + 1 \right)$. Reducirt man alles auf ein ge-

messenes Gewicht in Pfunden $= w$, und die Längenmaße sämtlich auf Fulse, drückt ferner das Gewicht der zu hebenden Wassersäule in Pfunden durch p aus, so wird die, zur Erzeugung einer Geschwindigkeit $= v$, womit das Wasser unter den gegebenen Bedingungen durch die Oeffnung strömt, erforderliche Kraft oder

$$w = \frac{p a v^2}{2g} \left(\frac{a^2}{c^2} + 1 \right).$$

Wenn sich mehrere Verengungen in der Röhre, deren Flächeninhalte $= c'; c'' \dots$ seyn mögen, so würde

$$w = \frac{p a v^2}{2g} \left(\frac{a^2}{c^2} + \frac{a^2}{c'^2} + \frac{a^2}{c''^2} + \dots + 1 \right)$$

sehen, woraus die Nothwendigkeit hervorgeht, alle solche Zusammenziehungen und Hindernisse zu vermeiden. Eben dieses gilt statt rücksichtlich auf erweiterte Reservoirs, Behälter u. s. w. durch welche das Wasser passiren muß, ehe es zur Ausöffnung gelangt, und welche sämtlich der Bewegung vortheilhaft sind. Es ist deswegen gut, diese sowohl, als auch Hervorragungen und Widerstand leistende Theile in den Röhren zu vermeiden, weswegen man auch der einen Art oben beschriebenen Windkessel an ihrer Mündung die trompetenförmige Erweiterung giebt; noch vortheilhafter in dieser Hinsicht ist es aber, wenn das Steigrohr sich im Windkessel selbst befindet, und zur leichtern Aufnahme des Wassers gleichsam unten trompetenförmig aufgebogen ist ¹. M.

¹ Robison a. a. O. Vergl. Brandes Lehrb. d. Gesetze d. Gleichg. 1. Bd. S 8

pour nous, corporeaux), die wie die Sonne oder eine b
oder glühende Kohle selbst Licht ausstrahlen.
dunkeln Körper können gleichwohl *erleuchtet*
die von leuchtenden Körpern ausgehenden Licht
fen, und sie erscheinen dann selbst als leuchte
zurückgeworfenen Lichtes. Ihre Fähigkeit, das
Licht zurückzuwerfen, ist sehr verschieden, i
ihrer sehr glatt polirten Oberfläche den Licht
Spiegel, nur nach einer einzigen Richtung reflect
durch dem in der richtig gewählten Stellung
ein Bild des leuchtenden Gegenstandes zeigen,
an ihrer rauhen Oberfläche das Licht zerstreuen
Richtungen hin zurückwerfen. Die ersteren ers
allen übrigen Punkten *dunkel* und nur da *erlei*
das Bild eines leuchtenden oder erleuchteten C
ihnen sehen. Die andern erscheinen uns an ihre
fläche *erleuchtet* (*corpora illuminata*) und ze

n. d. Bewegung n. s. w. II. 292. p. 699. Sehr ausführ
schreibung sowohl als auch hauptsächlich in den Form
n. s. O. Außer der angegebenen Literatur können
werden Pitot in Mém. de l'Ac. 1735. p. 327. 1739. p. 3.
Polley Theatrum machin. Amst. 1737. Gensanne in Mém.
p. 163. L. Euler in Mém. de Berlin. 1752. p. 149 n.

von weißem Sonnenlichte beschienen, entweder weiß oder farbig; aber selbst die, welche sich weiß zeigen und also alle Arten der Lichtstrahlen sehr nahe in denselben Verhältniß, wie sie im Sonnenlichte gemischt sind, zurückstrahlen, werfen dennoch nicht *alle* Strahlen zurück, sondern zeigen sich uns in einem verschiedenen Grade von *Weisse* (*albedo*; *blancheur*; *whiteness*); nach LAMBERT's Untersuchungen¹ wirft selbst das weißeste Papier nur $\frac{2}{5}$ des empfangenen Lichtes zurück, und andere weiße Körper, deren Ansehn, wenn sie viel weniger Licht zurückwerfen, ins Graue fällt, geben noch weniger Licht zurück². Die weißen Körper zeigen uns eine andere Farbe, wenn sie bloß mit einfarbigem Lichte erleuchtet werden, und zeigen da jede zur Erleuchtung angewandte Farbe nämlich gleich gut. Die farbigen Körper haben dagegen die Eigenschaft (deren näheren Grund wir nicht anzugeben wissen), daß sie gewisse Farben vorzugsweise zurückwerfen und sich daher so gefärbt zeigen. Ganz fehlen bei ihnen auch die weißen oder unzerlegten Lichtstrahlen unter den von ihnen zurückgeworfenen nicht, wie die Betrachtung durch das Prisma zeigt, und man deshalb sehen wir den sonst blau erscheinenden Körper blau, wenn er bloß von rothem Lichte erleuchtet wird. u. s. w. Diese andre Verschiedenheit bieten die an sich dunkeln Körper³, indem einige durchsichtig sind, andre kein Licht durchlassen; aber auch jene schwächen wenigstens das durchgehende Licht³.

Die an sich dunkeln Körper werden *selbstleuchtend* durch starke Erhitzung beim Glühen, manche durch eine anhaltende Fäulniß, manche selbst dadurch, daß sie lange dem Lichte ausgesetzt gewesen sind. Hierüber hat Heinrich⁴ zahlreiche Versuche angestellt. B.

4

¹ Photometria s. de mensura et gradibus luminis. §. 749.

² Wie man dieses bestimmt s. im Art. *Erleuchtung*.

³ Vergl. d. Art. *Durchsichtigkeit und Farben der Körper*.

⁴ Pl. Heinrich die Phosphorescenz der Körper nach allen Umständen betrachtet.

Dunst.

Was man eigentlich unter *Dunst* zu verstehen hat, schon oben ¹ angegeben. Sowohl in der deutschen als noch mehr in den übrigen Sprachen ist *Dunst* und *fast* gleichbedeutend, und wird beides durch *vapor*; *in* *vapour* ausgedrückt, noch mehr aber identisch in der Bedeutung sind die Ausdrücke *verdampfen* und *verdu*. Indes unterscheidet man schon im Englischen *vapor* *steam*, indem das erstere eine allgemeinere Bedeutung hat, das letztere dagegen eigentlicher transparenten Dampf bezeichnet, im Deutschen aber kann man immerhin den Sprachgebrauch in soweit genügend festgesetzt annehmen, daß *ein* eine *vollig expandirte, äußerlich Gasform zeigende Substanz*, *Dunst* dagegen die *nicht vollig expandirte und durchsichtige* bezeichnet ². Ein solcher Dunst, nam von Wasser, Weingeist und manchen andern Flüssigkeiten zeigt sich über ihnen beim Sieden oder bei hoher Temperatur derselben, insbesondere wenn große Quantitäten erhitzt werden, und die äußere umgebende Luft schon mit Dampf gesättigt ist, folglich den neu entstandenen nicht schnell aufzunehmen, als über Brauhäusern u. dgl. m. Bei allen Flüssigkeiten dieser Art ist der festgesetzte Unterschied zwischen Dampf und Dunst leicht bemerkbar, namentlich beim Wasser, wenn man in feuchter Luft schwebenden Dampf, oder den unter atmosphärischen Campanen befindlichen, worunter zugleich ein Gefäß mit Wasser steht, mit dem über einer großen Siedplatte schwebenden Dunst vergleicht. Ob auch aus andern Körpern, namentlich den Metallen, eigentlicher Dampf gebildet wird, beim Quecksilber erwiesen ³; von welchem in starker auch Dunst aufsteigt; von den meisten andern Metallen aber weit weniger durch Versuche mit Bestimmtheit zu unterscheiden. Ausgemacht ist, daß manche Metalle einen Geruch verbreiten, welcher nicht füglich etwas anderem, als

¹ S. Dampf. Th. II. S. 279.

² Die umgekehrten Bedeutungen der Ausdrücke nimmt Ersch in Schutz. S. Theorie und Kritik der Verdunstungslehre 1810. S. p. 7. Anm.; aber gewiß mit Unrecht.

³ S. Verdampfung.

erdampften Partikeln derselben beizumessen ist, auch schaden manche Verarbeitungen der Metalle unleugbar der Gesundheit durch die unsichtbaren verflüchtigten Partikelchen. In der Regel aber bilden die verflüchtigten Metalle ganz eigentlichen sichtbaren Rauch, also der angenommenen Bedeutung nach *Dunst*, B. Gold und Silber nahe beim Brennpuncte großer Brennegel¹, die weniger strengflüssigen schon in starkem Glühherd, alle aber im Gasgebläse oder durch die Wirkung heftiger elektrischer Flaschenschläge. Rücksichtlich der letzteren Erscheinungen bemerkt man, daß der Rauch, welcher in diesem Falle sehr dicht von den zerstörten Metalldrähten aufsteigt, ganz nach der Art des Wasserdunstes sich weiter ausbreitet und dann sichtbar wird. Ob dieses eine Folge der weiteren Ausbreitung und damit verbundenen größeren Entfernung der einzelnen Partikel von einander ist, oder ob ein wirklicher Uebergang in Dampf, wie bei tropfbaren Flüssigkeiten, hierbei statt findet, lasse ich der öfteren Beobachtung dieses interessanten Phänomens ungeachtet nicht mit Gewißheit zu entscheiden, jedoch scheint mir das Letztere wahrscheinlicher. Inzwischen ist uns das Verhalten und die eigentliche Beschaffenheit aller übrigen Dämpfe und Dünste, außer denjenigen, welche aus tropfbaren Flüssigkeiten, insbesondere dem Wasser gebildet werden, so wenig bekannt, daß wir von einer sicheren Entscheidung jener Dinge noch sehr weit entfernt sind. Zum Wasserdunste ist außer dem genannten, ferner noch zu rechnen der Nebel und der mitunter nebelartig sich verdichtende Thau, und die Bestandtheile der Wolken, welche in gehöriger Nähe dem Nebel sehr ähnlich sind.

Um dasjenige, was zur Erläuterung des vorliegenden Gegenstandes gehört, nicht weiter auszudehnen, als wozu die obgesetzte Bedeutung des Wortes zunächst berechtigt, muß vor bemerkt werden, daß dasjenige, was über die Dämpfe durch die bisherigen Untersuchungen bekannt geworden ist, ich schon im Artikel *Dampf* in möglichster Vollständigkeit vortrte findet, die Dampf- und Dunstbildung aber, oder die Umstände, die Bedingungen und die verschiedenen Theorien des Entstehens von Dampf und Dunst bei verschiedenen Temperatu-

¹ Homberg in Mém. de Par. 1702. Geoffroy ebend. 1709.

ren, wird im Artikel *Verdampfung* abgehandelt werden, die Bildung und Beschaffenheit des *Nebels*, und der *Wolken*, wie das Schweben beider in der Atmosphäre läßt sich zweckmäßigsten mit den Untersuchungen dieser Gegenstände verbinden, und so bleibt also nichts weiter übrig, als die individuelle Beschaffenheit des Dunstes an sich hier etwas näher prüfen.

Die *Dünste* sind, eben wie die *Dämpfe*, eine Verbindung tropfbarer Flüssigkeiten mit Wärme, dem Wärme-*stoffe*. Nachdem man lange Zeit vorher die Bildung derselben einer Verwandlung namentlich des Wassers in Luft oder mindestens einer Auflösung jenes in dieser beigemessen hatte, wurde LÜC¹ der erste, welcher beide sowohl Dämpfe als auch Dünste für eine einfache Verbindung von Wasser und Wärme oder vielmehr eine Auflösung des ersteren in letzterer ansah. Eine hauptsächlich Schwierigkeit bei der Erklärung des Verhaltens dieser beiden Substanzen fand man jederzeit in dem Aufsteigen derselben in der Luft, weil man ohne genauere Berechnung nur im Allgemeinen den großen Unterschied des specif. Gew. von Wasser und Luft berücksichtigte. Indefs schätzte DESAGULIERS² nahm an, der Dampf sey nach BEIGTON's eigenen Versuchen 14000 mal, nach NIEUWERTT 1338 mal dünner als Wasser, wenn derselbe vermittelt einer Aërole pile gebildet würde, der durch Verdunstung in der Sonnenhitze entstandene sollte daher 2058 mal dünner als Wasser seyn, und er mußte somit vermöge seines geringeren Gewichtes in der Luft schweben. Solche Ansichten herrschten ziemlich allgemein, standen indess in einem nicht klar gedachten, nichts destoweniger fühlbaren Widerspruche mit der großen Menge des Wassers, welches oft aus der Atmosphäre herabstürzt, weswegen auch DESAGULIERS selbst einige Jahre später die Wasserpartikeln durch elektrische Anziehung in der Luft getragen werden ließ, eine Ansicht, welche verschiedene andere

¹ Recherch. sur les modif. de l'Atm. I, §. 675.

² Phil. Trans. XXXVI. 6.

³ Phil. Trans. XLII. 140.

Physiker, z. B. ELES¹, EASON², MONGE³, LICHTENBERG⁴ u. a. mit oder ohne gleichzeitige Annahme hohler Bläschen mehr oder weniger deutlich aussprachen. Rücksichtlich auf den Wasserdampf ist diese Frage gegenwärtig nicht mehr streitig. Theils ist es nämlich ausgemacht, daß derselbe, mindestens bis zur Siedehitze und noch darüber, um so viel mehr als bei mittleren und niederen Temperaturen specifisch leichter ist, als die atmosphärische Luft, und somit also in derselben leicht aufsteigen muß, bis in höheren Regionen das Gleichgewicht wieder hergestellt ist; anderntheils bildet derselbe für sich eine Atmosphäre, und wenn gleich DALTON'S Theorie von dem Fürsichbestehen der verschiedenen Atmosphären unhaltbar ist⁵, so müßte doch die Dampfatmosphäre als solche, auch wenn sie specifisch schwerer als die Luftatmosphäre wäre, eben so die wirklich schwerere Kohlensäure - Atmosphäre und Sauerstoffgas - Atmosphäre sich über der Erdoberfläche ausbreiten, und sowohl dieser ihrer individuellen Beschaffenheit als auch vermöge der Gesetze der Diffusion in der atmosphärischen Luft schweben, ohne wie das expandirte Wasser herabzusinken. Diese Betrachtung setzt den eigentlichen Gesichtspunct fest, welcher zur genaueren Würdigung der Sache nicht übersehen werden darf. NEWTON⁶ hat daher vollkommen Recht, die trockne Luft für schwerer zu halten, als die mit Dampf erfüllte auszugeben, worin ihm GEHLEN⁷ mit Unrecht widerspricht, auch ist dieser physikalische Grundsatz seit SAUSSÜRE'S gehaltreichen Untersuchungen⁸, der neueren nicht zu gedenken, hinlänglich begründet. Allein die- ses gilt bloß vom *Dampfe*, und man darf nicht übersehen, daß zwischen Dampf und Dunst ein bedeutender Unterschied statt findet.

1 Phil. Trans. 1755. p. 124.

2 Manch. Mém. I. 395.

3 Mém. de l'Acad. 1787.

4 Erxleben Naturl. p. 374.

5 Vergl. Th. I. p. 488.

6 Traité d'Optique, traduit par Coste. Amst. 1720. T. I. L. III. 81.

7 Wörterb. I. 625.

8 Essay sur l'Hygrometrie Ess. II. §. 108.

Der *Dunst*, obwohl gleichfalls eine *Verbindung der gegebenen Flüssigkeit mit dem Wärmestoffe*, ist ohne Widerstand dichter als Dampf, und kann nicht für vollkommen expandirt angesehen werden; seine Entstehung aber ist allerdings merkwürdig und wahrscheinlich blofs auf folgende Weise erklärlich. Nach den Untersuchungen über die latente Wärme des Wasserdampfes ¹ ist es nicht wohl zu bezweifeln, dafs die Summe der sensibelen und latenten Wärme desselben eine constanten Gröfse sey, und 640° C. betrage. Wird daher Wasser in einem ganz oder zum Theil offenen Gefäfse einer starken Hitze ausgesetzt, so entsteht *Dampf* durch die Verbindung der zugeführten Wärme mit dieser Flüssigkeit, erhebt sich über die Oberfläche des Wassers, und steigt als völlig expandirte Flüssigkeit in die Höhe. Mit demselben zugleich sich erhebend erscheint der *Dunst* bis zu einer der Oberfläche des Gefäßes proportionalen, durch Einschließung des Raumes, freien Luftzug und sonstige Bedingungen modificirten Höhe, welcher entweder durch den Dampf mechanisch fortgerissen, oder in den von jenen eröffneten Räumen aufgestiegen, oder aus einer sonstigen Ursache gleichzeitig mit und aus demselben gebildet seyn kann. Welche von diesen angegebenen Ursachen der Bildung des Dunstes zum Grunde liegen mag, ob eine oder mehrere der genannten oder noch andere unbekannte, dieses scheint auf den ersten Blick zwar schwer zu entscheiden, höchst wahrscheinlich aber, oder vielmehr zuverlässig, entsteht derselbe *aus dem Dampfe selbst*. Hierfür sprechen zwei triftige Gründe. Zuerst ist es eine bekannte Erfahrung, dafs das Abdampfen großer Massen von Flüssigkeit, z. B. bei den Salzpflanzen, weit rascher von Statten geht, wenn die Pfannen überall mit Brettern umgeben sind, und blofs oben Zuglöcher haben, damit die von Außen zuströmende kalte Luft den Dampf nicht zu stark abkühlt und in zum Theil zurückfallenden Dunst verwandelt; zweitens aber entsteht durch Abkühlung des in der Atmosphäre reichlich vorhandenen völlig expandirten Wasserdampfes der oft sehr dicke Dunst, welcher sich als Nebel und Wolken zeigt. Nimmt man hinzu, dafs der Dampf über siedenden Flüssigkeiten

¹ Vergl. *Dampf, latente Wärme desselben*. Th. II. S. 293.

allezeit um so viel mehr mit Dunst vermischt, und daher viel dichter erscheint, je kälter die umgebende Luft ist, daß gegen der durchsichtige und völlig expandirte Wasserdampf langen erhitzten Röhren ohne Beimischung von Dunst beliebig hoch oder weit fortgeführt werden kann, sich aber sogleich

Dunst zeigt, wenn er in eine kältere Umgebung eintritt, so wird es hiernach im hohen Grade wahrscheinlich, daß der Dunst nichts anderes als durch Abkühlung niedergeschlagener Dampf sey, obgleich diese Ansicht eines vollständig strengen Beweises ermangelt.

Gehen wir von dieser Hypothese aus, berücksichtigen wir ferner, daß der *Dunst* das Licht mehr zurückwirft, weniger durchläßt und anders bricht als *Dampf*, so müssen wir annehmen, daß er zugleich auch dichter sey, wenn gleich die eigentliche Dichtigkeit desselben nicht genau bekannt ist, und auch wegen ihrer, keinen bestimmten Gesetzen folgenden, Veränderlichkeit nichtfüglich scharf bestimmt werden kann. Wirklich besteht auch der Dunst aus sehr feinen wässerigen, ein buntes Farbenspiel zeigenden Partikelchen, welche man unter andern mit bloßen Augen wahrnimmt, wenn man des Abends oder der des Nachts bei starkem Nebel in einem Zimmer befindlich ein brennendes Kerzenlicht aus dem geöffneten Fenster hält, und hierdurch diese Partikelchen stark beleuchtet, oder bei mäßigem Lichte den Dunst auf der Oberfläche eines siedenden Gefäßes mit Wasser entweder mit unbewaffnetem Auge oder durch eine Loupe betrachtet. Die wirkliche Existenz solcher feiner wässriger Partikelchen als Bestandtheile des Dunstes ist somit durch den Augenschein erwiesen, auch ist die Erklärung des Entstehens derselben keineswegs mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden. Nach der wohlbegründeten Theorie über die latente Wärme des Dampfes ist zwar ausgemacht, daß die sensible Wärme desselben in höheren Temperaturen gerade hinreicht, um diejenige latente Wärme herzugeben, welche derselbe zum Uebergange in den Zustand geringerer Dichtigkeit und größerer Expansion bedarf, und es scheint hiernach, als ob beim Aufsteigen des heißeren Dampfes aus der an bildenden Flüssigkeit kein Dunst entstehen könnte, indem sie zu seiner weiteren Expansion erforderliche Wärme ihn als sensible Wärme jederzeit begleitet; wenn man aber berück-

sichtigt, daß ein Theil dieser letzteren an die äußeren Umgebungen abgegeben wird, und es nach Art aller Auflösungen und Verbindungen einer gewissen Zeit bedarf, bis dieselben erfolgen und vollständig werden, so ist es nichts weniger als erklärlich, daß der heiße Dampf im Momente seines Aufsteigens aus der Flüssigkeit einen Theil seiner sensibelen Wärme verliert, und partiell in Dunst verwandelt wird. Ist dann die Entziehung dieser sensibelen Wärme bleibend, z. B. durch einen beständigen Zufluß kalter Luft, so wird ein Theil des Dunstes fortwährend in die Flüssigkeit zurücksinken, woraus die Entstehung des Nebels über den Flüssen und der größere Verbrauch von Brennmaterial bei den nicht mit Brettern umgebenen Salzpflanzen erklärlich wird; ist aber die Entziehung nicht beständig fortdauernd oder gar nicht vorhanden, z. B. wenn man eine Flüssigkeit unter einer exantlirten Campana verdampfen läßt¹, so findet eine geringere oder gar keine Bildung von Dunst statt, indem die sensible Wärme zur stärkeren Expansion des aufsteigenden Dampfes verwandt wird. Ob aber die feinen, nicht expandirten und nicht eigentlich Dampfform bestehenden Partikelchen, welche die Bestandtheile des reinen oder mit Dampf vermischten Dunstes ausmachen, aus dichten oder hohlen Wasserkügelchen bestehen, womit sie im letzteren Falle erfüllt seyn mögen, und wie sich das Schweben derselben in der Luft erklären lasse, diese Fragen haben die Physiker schon langen Zeiten vorzüglich beschäftigt, und es ist der Gegenstand der folgenden Untersuchung, was hierüber als anerkannte Wahrheit oder mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen sey.

Nach de Lüc² besteht der Unterschied zwischen Dampf und Dunst darin, daß jener aus feineren, dieser aus groben Wasserpartikeln gebildet ist. Wenn nämlich der Unterschied der Temperatur zwischen der umgebenden Luft und der Fläche

¹ Nur unter günstigen Umständen, namentlich bei hoher äußeren Temperatur läßt sich auf die angezeigte Weise selbst ein Sieden ohne Erzeugung von Dunst hervorbringen. Wenn man indeß Wasser in einem Medicinglase anhaltend sieden läßt, dann schnell verkorkt und umkehrt, so findet darin bei hoher Temperatur, eben wie im Wasserbade ein eigentliches Sieden ohne Dunstbildung statt.

² a. a. O. §. 707.

igkeit sehr groß ist, so soll der Wärmestoff bei seinem Durch-
 kömen durch das Wasser größere Quantitäten desselben in die
 Höhe führen, ohne sich innig damit verbunden zu haben, so
 daß sie also sichtbar bleiben; wenn aber der Unterschied ge-
 ringer ist, so sollen nur kleinere und innig mit dem Wärme-
 stoffe verbundene Theilchen aufsteigen, und als unsichtbarer
 Dampf sich mit der Luft verbinden. Daß diese Hypothese eben
 wenig haltbar sey, als GEHLER's Erklärung, welcher den
 Unterschied in eine mehr oder minder vollständige Auflösung
 des Wassers in der Luft setzt, bedarf keiner ausführlichen Er-
 örterung.

Eine der ältesten, von vielen Naturforschern angenom-
 men, von andern dagegen oft und lebhaft bestrittene Meinung ist
 , daß die sichtbaren Partikeln des Wasserdunstes aus einer
 kleinen wässerigen Hülle bestehen, in welcher verdünnte Luft
 oder eine andere sehr feine und leichte Flüssigkeit eingeschlos-
 sen seyn soll. Schon HALLEY ¹ sucht aus der Annahme solcher
 Bläschen die Erscheinungen der Verdunstung zu erklären,
 LAUVIN ² nahm sie gleichfalls an und LEIBNITZ ³ berechnete
 die Dicke der Häutchen, welche mit zehnmal dünnerer Luft,
 die atmosphärische ist, erfüllt sich schwebend erhalten
 können. Nach MUSSCHENBROEK ⁴ ist das Feuer selbst, oder
 im Sinne nach gleichfalls eine tausendmal dünnere Substanz
 als das Wasser das in den zarten Häuten eingeschlossene Flui-
 um, oder sie sind ganz leer, in welchem Falle aber die Luft
 zusammendrücken müßte. Hiernach scheint ihm also die
 Annahme der Bläschen sehr hypothetisch, und er ist mehr ge-
 neigt mit CARTESIUS eine drehende Bewegung der Wassertheil-
 en oder die Elektricität zur Erklärung des Phänomens zu
 Hilfe zu nehmen. Ungleich mehr verwirrt sich DESAGULIERS ⁵
 mit unklaren Begriffen, indem er die Bildung der Dunstkügel-
 en dem Feuer (ignis mas), das Emporsteigen derselben der

¹ Phil. Trans. XVI. 368. XVIII. 183.

² Miscellanea Berolin. I. 120.

³ Ebend. I. 123. Opp. II. II. 82.

⁴ Introd. II. §. 2297.

⁵ Phil. Trans. 1742. XLII. 140. Course of Experim. Phil. II.
 st. 10.

Luftelektricität (*ignis femina*) beimifet, und noch obendrein das Centralfeuer, Gährungen in der Erde und Winde einmischet. Nach L. EULZ¹ dagegen besteht der Dampf sowohl als auch der Dunst, und ohne einen Unterschied beider zu berücksichtigen, aus Bläschen, deren wäßrige Hülle mit einem, in der Bewegung befindlichen Aether erfüllt seyn soll, woraus die Leichtigkeit derselben erklärlich werde. Eine Preisaufgabe der Akademie der Wissenschaften zu Bordeaux veranlaßte zwei Schriften über diesen Gegenstand, die eine von KRATZ², die andere von HAMBERGER³. Ersterer hielt den Dampf überhaupt und noch mehr die Dünste für kleine Bläschen, welche durch die Leichtigkeit der eingeschlossenen Feuermaterie aufsteigen sollten, Letzterer dagegen setzt den Unterschied zwischen Dampf und Dunst bloß in die größere und kleinere Feinheit, und erklärt das Aufsteigen derselben künstlich dadurch, daß bei der Bildung beider das Feuer die Wasserpartikeln anhängt, sie zugleich aber der Adhäsion der Luft folgen; und da die letztere stärker ist als die erstere, die Feuerschicht aber sich unter ihnen, die Luftschicht dagegen über ihnen befindet, so müssen sie von der Luft angereizt werden und aufsteigen. Selbst von der Unhaltbarkeit dieser Hypothese überzeugt ging indeß HAMBERGER⁴ später zu der Theorie über, wonach die Wasserpartikeln in der Luft aufgelöst seyn sollen, und welche später hauptsächlich durch ROY⁵ begründet wurde. Seitdem blieb diese Ansicht mehr allgemein, man übersah den wesentlichen Unterschied zwischen Dampf und Dunst, und nahm gegen HALLEY's Annahme der bläschenartigen Dunstpartikeln seine Zuflucht zur Elektricität, um das Aufsteigen des schwereren Wassers in der leichteren Luft zu erklären.

Der erste, welcher diesen Gegenstand wieder in genaue Untersuchung zog, war DE SAUSSÜRE⁶. Dieser hält den eigent-

¹ Acta Acad. Petr. III. 1. 162.

² Abhandlung vom Aufsteigen d. Dünste und Dämpfe, Halle 1744.

³ Diss. sur la cause de l'Elevation des vapeurs. Bordeaux 1748.

⁴ Elementa Physices. Jenae 1750. §. 477.

⁵ Mém. de l'Ac. 1751. p. 481.

⁶ Essais sur l'hygrometrie. Ess. II.

den Dampf gleichfalls für eine Auflösung der Wasserpartikeln der atmosphärischen Luft, wofür die vollständige Durchsichtigkeit desselben ihm als Beweis dient. Hiervon unterscheidet er indess den dichteren Dunst (*vapeur concrète*), welcher entweder aus kleinen Tröpfchen oder gefrorenen Eisnadeln, oder hohlen Bläschen besteht, das Licht auf eine eigenthümliche Weise bricht und reflectirt, und hierdurch die optischen Erscheinungen erzeugt, welche eben daher Vorboten von Regen oder Schnee sind. SAUSSÜRE zeigte außerdem, wie man sich von dem Vorhandenseyn solcher bläschenartigen Kugeln überzeugen könne. Man setzt zu diesem Ende eine dunkle, und daher dem Sehen erleichternde Flüssigkeit, als Tintehaltiges Wasser in eine Schale nach beträchtlicher Erhitzung an einen Ort, wo die Luft ruhig ist und starkes Licht auf die Oberfläche fällt. In dem aufsteigenden Dunste unterscheidet man mit bloßen Augen leicht grössere und kleinere, einzeln schwebende, ein buntes Farbenspiel zeigende, zum Theil auch bloß weisliche Kugeln, mit einer Loupe von 1 bis 1,5 Z. Brennweite aber bemerkt man einen Unterschied ihrer Grösse, und sieht die kleineren schnell in die Höhe steigen, die grösseren aber zum Theil wieder auf die Flüssigkeit zurückfallen, auf deren Oberfläche sie so leicht schweben, daß man sie mit einem Hauche zur Seite wehen kann, wobei ein grosser Theil derselben aufzusteigen pflegt. Diese Dunstbläschen werden auf diese Weise noch leichter sichtbar als mittelst eines eigenen dampfkugelartigen Apparates, welchen DE SAUSSÜRE zu ihrer Beobachtung verfertigte. Dieser Apparat besteht aus einer bei A verschlossenen, bei B in eine feine offene Spitze auslaufenden Röhre von weissem nicht dickem Glase, in welcher zwei Kugeln C und D. In die erstere dieser Kugeln D brachte er etwas Wasser und erhitzte dieses über einer Weingeistflamme. So lange die Kugel C kalt blieb, zeigten sich in derselben keine Menge Dunstbläschen, wurde aber auch diese erhitzt, so zeigte sich in derselben bloß durchsichtiger Dampf, welcher mit Dunst vermischt aus der Spitze ausströmte. Wurde der Apparat von der Weingeistflamme entfernt und C abgekühlt, so zeigten sich in derselben die Bläschen wieder sehr deutlich, und mit einer Lupe konnte man ihre Bewegungen wahrnehmen. Diese Versuche zeigen evident, daß die Dunstbläschen erst durch die Abziehung eines Theiles des Wärmestoffes gebildet werden;

dafs es aber Bläschen und keine massiven Kügelchen zu über beruft sich DE SAUSSÜRE mit Recht blofs auf das schein. Mit noch gröfserer Bestimmtheit entscheidet er, sehr kompetenter Richter für das wirkliche Vorhandensein solcher kleiner Bläschen. ROBISON¹ nämlich sagt, kleinen Dunstpartikelchen nicht das sternartige Funkeln welches massive Wasserkügelchen bei starkem auffallendem Licht dem Auge darzubieten pflegen, sondern eine matten Glanz, wie von einem dünnen Häutchen, nach Art der Blasen. Schen wir sie ferner niederfallen, so geschieht weit langsamer, als bei massiven Kügelchen der Fall sein könnte. Läßt man endlich Lichtstrahlen durch sie fallen, zeigen sie sich von einem schwachen Regenbogen mit violetten Farben umgeben, gerade so wie derselbe nach dem Gesetze einer Anhäufung von Bläschen zugehört, sondern verschieden von einem solchen, welcher durch massive Kügelchen entstehen müßte.

Ohne diese künstliche Vorrichtung bietet die Beobachtung des Nebels und der Wolken ein gleiches Resultat dar, man in der Umgebung eines dicken Nebels am besten das beim Kerzenlichte durch eine Loupe gegen eine glatte Fläche, z. B. eine Platte von Schildpatt, eine schwarze oder einen schwarz lackirten Teller oder einen schwarzen Marmor sieht, so bemerkt man die in den Brennraum der kommenden Dunstbläschen sehr genau. Sie bewegen sich schneller oder langsamer, rollen über die Fläche hinweg zuweilen von ihr zurück, oder setzen sich in Gestalt von Halbkugeln auf derselben fest. Die kleinen Wassertropfen, welche sich zugleich mit ansetzen, sind wegen ihrer Gröfse leicht von jenen zu unterscheiden. Uebrigens sind die Bläschen der Nebel und Wolken kleiner und weniger gehäuft, als diejenigen Dunste, welche über heifsem Wasser, namentlich über Braupfannen und Salzsiedepfannen schweben, beide haben das Bestreben herabzusinken, wie sich das meistens die Nebel, vorzüglich bei ruhiger Luft, herab auf den Boden benetzen, werden aber schwebend e

¹ Robison Mech. Phil. II. 18. Anm.

ils weil das sehr geringe Gewicht derselben den Zusammen-
 g der Lufttheilchen nicht zu trennen vermag, aus welchem
 unde auch die Sonnenstäubchen sich eine Zeitlang in der
 osphäre gleichsam schwimmend erhalten, theils weil sie
 klich specifisch leichter sind als die Luft. Diese letztere
 htige Behauptung ist auf das entscheidende Argument ge-
 ndet, daß nicht bloß die Nebel und Wolken selbst bei ru-
 r Luft sich wieder erheben, sondern auch die viel dichte-
 Dunstbläschen über erhitzten Flüssigkeiten sichtbar empor-
 gen.

Diese letztere Erscheinung, nämlich das Schweben des
 stes in der atmosphärischen Luft, ist bei dieser ganzen Un-
 nchung dasjenige, was der Erklärung allezeit die größten
 wierigkeiten entgegengesetzt hat. Daß die Dunstkügelchen
 nt massiv sind, läßt sich leicht daraus abnehmen, weil sie
 nt in Folge des großen spec. Gewichtes des Wassers gegen
 t auf keine Weise aufsteigen, sondern mit einer ihrer Größe
 ortionalen Geschwindigkeit herabfallen müßten. THOM.
 ge¹ berechnet aus dem bekannten Gesetze des Widerstan-
 der Luft gegen Körper, welche in derselben bewegt werden,
 ein Wassertropfen, um nicht mehr als einen Zoll in einer
 unde zu fallen, keinen größeren Durchmesser als $\frac{1}{600000}$ Z.
 n müßte, und sonach mit unbewaffnetem Auge nicht sicht-
 seyn könnte; die feinsten sichtbaren Wassertropfen würden
 mit einer Fallgeschwindigkeit von 1 F. in einer Secunde
 sinken. YOUNG bemerkt zwar zugleich, daß der Wider-
 der Luft gegen so kleine Tropfen größer seyn müsse, als
 die Berechnung nach den Versuchen mit größeren Körpern
 E², allein dieses würde die erhaltenen Werthe so ganz be-
 end nicht abändern, und auf allen Fall muß für das posi-
 Aufsteigen des Dunstes eine eigentliche Ursache gesucht
 en.

Ohne vorläufig diejenige Substanz zu bestimmen, womit
 aufsteigenden Bläschen erfüllt seyn mögen, wollen wir die
 e ganz allgemein auffassen, welche übrigens schon ver-

¹ Lectures on Nat. Phil. I. 711.

² Vergl. *Widerstand*.

schiedene Gelehrte beschäftigt hat. LEIBNITZ ¹ untersucht die Dicke eines Häutchens von Wasser zu finden, mit ausgedehnter Luft erfüllt dasselbe zum Aufsteigen und giebt Formeln hierfür an. KRATZENSTEIN ² will den Durchmesser der Dunstkügelchen aus der Vergleichung mit einer $= \frac{1}{3800}$ Z. gefunden haben, womit DE SAUSSÜRE ³ übereinstimmt, indem er denselben bei den kleinsten $=$ bei den größten $= \frac{1}{2780}$ Z. angiebt. Zur Bestimmung des umgebenden Häutchens benutzt KRATZENSTEIN ³ achtungen, wonach die Dünste im verfinsterten Zimmer einerlei Farbe zeigen, als sich die Dicke des Häutchens ändert, im Fall einer ungleichen Dicke aber ein Farben geben sollen. Aus denjenigen Resultaten aber, welche durch seine Versuche und Beobachtungen des Färbens Seifenblasen erhalten hat, folgert er, daß die Dicke des Häutchens im natürlichen Zustande der Luft nicht mehr als eines engl. Zolles betragen. KRATZENSTEIN berechnet, diesem Falle das Dunstbläschen 0,1 engl. Z. Durchmesser müsse, wenn auch der eingeschlossene Raum des Häutchens leerer wäre, woraus folgen würde, daß man die Dicke des Häutchens noch ungleich geringer annehmen müsse ⁴. aber der Durchmesser der Kügelchen nur $\frac{1}{3800}$ eines Z. tragen soll, so folgert KRATZENSTEIN hieraus, daß die Kügelchen schwerer als die atmosphärische Luft seyn, folglich sinken müßten, weswegen er ihr Aufsteigen aus der Leichtigkeit der Luft und aus Ursachen ableitet, die er selbst deutlich angeben zu können bekennt.

DE SAUSSÜRE sucht diese Argumentation auf eine Weise zu widerlegen, welche mir mit den Erscheinungen nicht

¹ Miscel. Berol. I. 123.

² a. a. O.

³ Die Formel, wonach in Gehler I. 629. dieses Resultat wird, ist folgende. Wenn D der Durchmesser des Kügelchens, m die Dicke des Häutchens ist, n und v aber die spec. Gewichte derselben, der Luft und der eingeschlossenen Flüssigkeit bezeichnen,

$$x = \frac{1}{2} D - \left(\frac{m-n}{m-v} \right)^{\frac{1}{3}} \times \frac{1}{2} D, \text{ oder nahe genau } x = \frac{n-v}{6(m-v)}$$

Wird hierin $x = \frac{1}{3800}$; $m = 800$; $n = 1$ und $v = 0$ gesetzt, so wird $D = \frac{48}{1000}$ oder nahe $= \frac{1}{20}$.

zustimmen scheint. Er will nämlich durch einen Versuch gefunden haben, daß in dem durch die Dunstbläschen gehenden Lichte alle prismatischen Farben zugleich vorhanden wären. Da sich aber die durch NEWTON angegebenen Bestimmungen auf gewisse Reihen oder Successionen der Farben beziehen, so folgt er hieraus, daß die von KRATZENSTEIN gegebene Bestimmung der Dicke des Häutchens nicht die geringste Zuverlässigkeit habe, weil in einem Falle, in welchem alle Farben auf einmal erscheinen, es unmöglich sey, eine genügende Vergleichung mit den Newtonschen Successionen der Farben anzustellen. Vielmehr erhelle hieraus, daß jedes Bläschen eine andere Dicke seines Häutchens habe, auch können diese Häutchen, eben wie die Seifenblasen, am oberen Theile dünner als am unteren seyn, und somit die Farben nur am unteren erscheinen, woraus sich aber auf die Dicke des ganzen Häutchens nicht schließen lässe.

Wenn es zuvörderst auf eine genaue Bestimmung des Durchmessers der Bläschen selbst ankommt, so muß jeder einsehen, daß diese außerordentlich schwer ist. Ein zweckmäßiges Verfahren dieser Messung dürfte seyn, wenn man ein sehr helles Sonnenmikroskop vorher so weit erhitzte, daß sich die Dunstbläschen daran nicht niederschlagen, dann dieselben vor der Linse des Mikroskops aufsteigen liesse, und durch Messung des Durchmessers des erzeugten Bildes und Vergleichung desselben mit einem bekannten Körper diese Grösse bestimmte. Rücksichtlich des Farbenspieles, welches das durchgehende Licht in denselben erzeugt, habe ich selbst oftmals das sehr interessante Farbenspiel wahrgenommen, welches sich in den Bläschen zeigt, und große Aehnlichkeit mit der Beugung des Lichtes hat, wenn dasselbe durch ein feines Spinnengewebe oder Fensterheuben mit feinen Rissen fällt. Ob es möglich sey, hieraus auf die Dicke der Häutchen zu schließen, wage ich nicht zu entscheiden, jedoch scheint es mir auf allen Fall sehr unsicher, so nicht ganz unmöglich. Liesse sich indess nicht bloß die Grösse des Durchmessers der Kügelchen, sondern auch die Dicke des Häutchens mit Sicherheit bestimmen, so würde es viel leichter seyn, mit Wahrscheinlichkeit diejenige Substanz anzugeben, welche den Inhalt der Bläschen ausmachen kann, indem die Voraussetzung KRATZENSTEIN's, wonach er sie für

absolut leer hält, bei der Berechnung kaum aufgenommen werden verdient. Diesemnach sind also die Grundlagen, woran man eine genauere Untersuchung bauen könnte, viel zu schwach und unsicher, als daß sich ein befriedigendes Resultat von erwarten ließe. Wie weit man aber mit hypothetischen Voraussetzungen zu gelangen vermöge, werden die folgenden Betrachtungen ergeben.

Da nach überwiegenden Gründen anzunehmen ist, daß Dunstbläschen aus hohlen Kugeln bestehen, so muß von allen Dingen das Verhältniß ihrer Hülle zur Masse festgestellt werden. Heißt demnach der Durchmesser des ganzen Kugchens $= d$; des durch die Hülle eingeschlossenen $= \delta$, so $d - \delta = 2 \times$ die doppelte und \times die einfache Dicke des Häutchens. Ist dann ferner das spec. Gewicht der Masse, woraus das Häutchen bildet $= m$; das der atmosphärischen Luft $= 1$; das der in dem Häutchen eingeschlossenen Substanz $= \lambda$, so bekanntlich

$$\text{das Gewicht des Häutchens} = \frac{m(d^3 - \delta^3)\pi}{6}$$

$$\text{das Gewicht der inneren Kugel, wenn dieselbe aus Luft bestehen wäre} = \frac{1\delta^3\pi}{6}$$

$$\text{das Gewicht der inneren Kugel, aus der leichteren Substanz bestehend} = \frac{\lambda\delta^3\pi}{6}$$

Das Kugelchen wird in der Luft schweben, wenn die Differenz des Gewichtes der inneren, aus einem leichteren Stoffe bestehenden, Kugel und einer gleich großen von Luft dem Gewicht der Hülle gleich ist, also

$$\frac{m(d^3 - \delta^3)\pi}{6} = \frac{1\delta^3\pi}{6} - \frac{\lambda\delta^3\pi}{6}$$

$$\text{oder einfach} \quad m(d^3 - \delta^3) = (1 - \lambda)\delta^3$$

$$\text{Hieraus findet man} \quad d = \delta \left(\frac{m + (1 - \lambda)}{m} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{und} \quad \delta = d \left(\frac{m}{m + (1 - \lambda)} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{also} \quad d - \delta = \delta \left(\frac{m + (1 - \lambda)}{m} \right)^{\frac{1}{3}} - d \left(\frac{m}{m + (1 - \lambda)} \right)^{\frac{1}{3}}$$

worin für δ substituirt giebt

$$\frac{d - \delta}{2} = x = \frac{d}{2} \left(1 - \left(\frac{m}{m + (1 - \lambda)} \right)^{\frac{2}{3}} \right)$$

Nimmt man mit KRATZENSTEIN die Dicke des Häutchens, der $x = \frac{1}{30000}$ Z., setzt $m = 800$; $l = 1$ und $\lambda = 0$, so ist der Durchmesser der Kügelchen nach dieser Formel berechnet $= 0,09756$ seyn, welches mit den Beobachtungen nicht übereinstimmt. Allein die Newtonschen Farben in dünnen Mitteln erscheinen noch in ungleich dünneren Lagen. Nehmen wir daher an, daß das Häutchen aus Wasser bestehe, berücksichtigen wir ferner, daß in den Kügelchen sich *alle* Farben zeigen, und wir also bei der Bestimmung der Dicke seiner Hüllen bis zu derjenigen gehen müssen, worin nach BIOT ¹ das Grün der zweiten Ordnung erscheinen muß, so giebt dieses für Wasser 11,333 Milliontheilchen eines engl. Zolles. Wird dieser Werth für x genommen, so erhält man mit Beibehaltung der übrigen Größen $d = 0,05528$ Z. also noch über ein halbes Hundertel eines englischen Zolles, welches mit der Erfahrung ebenfalls unvereinbar ist. Indem nun außerdem die Voraussetzung, daß $\lambda = 0$, oder daß der Raum in hohlen Kügelchen leerer sey, nicht statt finden kann, jeder Werth von λ aber m für d gefundenen vergrößert, so berechtigt dieses zu der Folgerung, daß, die Richtigkeit der zum Grunde gelegten Bestimmungen vorausgesetzt, das Farbenspiel der Dunstkügelchen nicht auf die Newtonschen Farbenreihen in dünnen Mitteln zurückgeführt werden kann. Wirklich scheinen mir auch die entstehenden Farben mit denen der Seifenblasen keine große Ähnlichkeit zu haben, und gleichen vielmehr den durch Beugung an sehr kleinen Körpern entstehenden, wie schon oben bemerkt ist, und wir müssen daher nach den vorliegenden Gründen das bunte Farbenspiel in den Dunstkügelchen für eine Folge der Diffraction ansehen, woraus aber hervorgeht, daß aus denselben keine Bestimmungen weder über die Größe des Durchmessers noch der Dicke der Häutchen, welche die Dunstkügelchen umschließen, entnommen werden können.

Das Verhältniß der Durchmesser und der Dicke der Hüllen kann nicht aufgefunden werden, so lange die Bestandtheile der-

¹ Traité IV. 77.

selben nicht bekannt sind. Bei denjenigen, welche aus dem Wasser oder sonstigen Flüssigkeiten aufsteigen, durch deren Erhitzung reines oder nahe reines Wasser verdunstet wird, besteht die Hülle wohl ohne Zweifel aus Wasser; schwerer bestimmbar aber ist der Inhalt derselben. Man könnte nach älteren Vorstellungen annehmen, sie wären mit Wärme (Feuer-materie) erfüllt ¹, und diese Hypothese ließe sich allenthalben durch die neuesten Versuche FRESNEL's unterstützen, welcher die Repulsion der Wärme auch im leeren Raum beobachtet hat, wenn man annähme, daß die Hülle eben durch diese Repulsion der Wärme ausgedehnt würde; bei genauerer Untersuchung aber muß diese Hypothese als unhaltbar erscheinen. Entweder nämlich würde es gegen bekannte Naturgesetze streiten, wenn man annehmen wollte, daß der Wärmestoff die gebundenen Wasserpartikeln verlassen, und frei im Raume der Kügelchen existiren sollte, außerdem aber könnte den Erfahrungen gemäß die Repulsion desselben nicht hinreichen, um der Attraction der Wasserpartikeln Widerstand zu leisten, und die Vereinigung derselben zu einem massiven Kügelchen zu hindern. ROBINSON meint, sie müßten mit Luft erfüllt seyn, und zwar einer ausgedehnteren, als worin sie schweben, weil sie sonst herabfallen würden. Diese Voraussetzung findet er zwar sehr unbegreiflich, glaubt indess die wirkliche Existenz solcher Bläschen dennoch als unzweifelhaft annehmen zu müssen. Berücksichtigt man zwischen die Art der Entstehung der Dunstbläschen, so läßt sich hieraus mindestens mit hoher Wahrscheinlichkeit der Inhalt derselben auffinden. Indem nämlich der gesättigte Wasserdampf auf die Oberfläche des Wassers gelangt, und hierdurch theils dem Drucke des Wassers entzogen wird, theils in die kältere Atmosphäre tritt, erhält er das Bestreben, sich stärker zu expandiren. Die latente Wärme wird hierbei nicht abgegeben, weil sie zu innig mit den Wasserpartikeln verbunden ist, wohl aber ein Theil der sensibelen, und ein diesem Verluste proportionaler Theil Dunstkügelchen fällt wieder in die Flüssigkeit zurück, welches mit den oben angegebenen Erfahrungen voll-

¹ Lichtenberg zu Erxleben Naturl. p. 374.

² Ann. Ch. P. XXIX. 57.

³ Mech. Phil. II. 13. Anm.

mmen übereinstimmt. Indem aber der Wasserdampf in die räumen der Luft eindringt, und hierbei zugleich der sensible Wärmestoff sowohl als auch der latente ihn zu verlassen, und an die kältere Atmosphäre überzugehen sollicitirt wird, kommt dieses sein Bestreben zugleich in Conflict mit seinerziehung gegen die Wasserpartikelchen. Diejenigen dieser zarten nun, denen ein Theil Wärme entzogen ist, vereinigen sich theils zu concreten Körperchen, theils zu Häutchen, wenn eine solche Entziehung in ihrer ganzen Umgebung statt findet; besonders aber wird der sensible Wärmestoff in dem Dampf, welcher eine gröfsere Ausbreitung erhält, latent werden, und in sofern hierzu eine gewisse, wenn auch sehr kurze Zeit erforderlich ist, so wird ein nicht gesättigter, mithin dünnerer und leichter Dampf gebildet werden, welcher aufsteigt, und hierdurch zugleich mit gebildeten Dunstkügelchen mit sich die Höhe hebt. Während nämlich dem Dampfe durch die Umgebung ein Theil der Wärme entzogen wird, mufs dieser in diesem Verhältnisse auch abgekühlt und partiell niedergeschlagen werden, dadurch aber wird tropfbar flüssiges Wasser frei, welches durch seine, bei allen Verdampfungsprocessen auffallende Affinität zum Wärmestoffe diesen wieder anzieht, durch sich expandirt wird, und in die Höhe steigt, während bei diesem Aufsteigen der eben genannte Process des wechselseitig motivirten Bestrebens nach Entbindung und Bindung des Wärmestoffes (je nachdem er durch die umgebende kältere Luft oder durch sich zunehmend mehr abkühlenden Wasserdampf und das dergeschlagene Wasser stärker angezogen wird) stets fortwähret. Ist daher die Entziehung des Wärmestoffes sehr stark, dafs die Affinität desselben zu den Wasserpartikeln überwunden wird, wie beim sogenannten Beschlagen (Feuchtwerden) kalter Körper, vorzüglich wenn sie in einem gewissen Grade gute Wärmeleiter sind, bei den zahlreichen meteorischen Niederschlägen, und insbesondere bei dem durch MAUPERTUIS und Torneø beobachteten Phänomene, dafs die in eröffnete Thüren oder Fenster erwärmter Zimmer eindringende kalte Luft die Dünste augenblicklich in einen dicken wirbelnden Schneewandelte, so wird der Wasserdampf in Dünste und dann in

1 Gehler a. A. III. 659.

tropfbares Wasser oder gar Eis verwandelt werden. Wenn dagegen der Raum, in welchen sich der Dampf ausbreitet, nicht zu kalt und zugleich nicht mit Dampf überfüllt ist, so wird zwar eine der Temperatur und Trockenheit desselben umgekehrt proportionale Menge Dunst niedergeschlagen werden, und zum Theil in die Flüssigkeit zurücksinken, die bei weitem größter Menge desselben wird indess allmählig wieder expandirt werden, indem theils der sensible Wärmestoff, theils der größte Theil des latenten und beim Eintritte in die atmosphärische Luft der Dampfe entzogenen wieder latent und zur völligen Expansion des Dunstes verwandt wird, während die sichtbaren Dunstbläschen allmählig eine durch vielfache Umstände bedingte Höhe erreichen, und fortdauernd mehr und mehr aus dem Zustand der Undurchsichtigkeit in den Zustand einer der Luft gleich Durchsichtigkeit übergehen.

Durch diese Darstellung ist der sehr zusammengesetzte Process genau so angegeben, wie die Natur ihn oft und vielfach zeigt. Umgekehrt analog ist der entgegengesetzte, wenn der wirklich expandirte Dampf durch Verminderung der Temperatur in Dunst verwandelt wird, z. B. bei der Bildung des Nebels und der Wolken, und dann entweder zu tropfbarem Wasser übergeht, oder durch Zuflufs neuer Wärme den Zustand völliger Expansion wieder annimmt. Dafs in diesem Falle neue Wärme hinzukommen, und der Umgebung entzogen werden müsse, weil der zur Expansion weiter erforderliche sensible Wärmestoff nicht auf gleiche Weise, oder vielmehr in gleicher Menge vorhanden ist, wie in dem Falle, wenn heifser Dampf aus einer erhitzten Flüssigkeit in die kältere Atmosphäre tritt, liegt in der Natur der Sache. Wenn nämlich heifser Dampf in eine kältere Atmosphäre übergeht, so verliert er durch diese diejenige sensible Wärme, welche ihm die der höheren Temperatur zukommende Expansion gab, und indem hierdurch die Theilchen desselben einander näher gebracht werden, entstehen theils massive Wasserkügelchen, theils Dunstbläschen. Indem aber die Luft diese sensible Wärme aufgenommen hat, der Dampf aber dadurch mehr abgekühlt wird, so entzieht er als Dunst jener die Wärme wieder, bis seine Temperatur und die derselben zugehörige Elasticität mit der Temperatur der Luft im Gleichgewichte sind, wodurch nach den Gesetzen der Dampfbildung

ie vollständige Expansion des Dunstes ohne das Hinzukommen neuer Wärme bewirkt wird. Ist aber durch Entziehung von Wärme einmal Dunst gebildet, welcher nebst dem Dampfe die Temperatur der Luft angenommen hat, dann muß aus einer andern Quelle Wärme hinzukommen, um den Dunst zu expandiren und in Dampf zu verwandeln. Ob in beiden Fällen bloß kleine massive Wasserkügelchen oder zugleich auch hohle Dunsthüllen gebildet werden, kann zwar aus theoretischen Gründen nicht entschieden werden, wir müssen indess in Gemäßheit der genauen Beobachtungen annehmen, daß die größeren sichtbaren Kügelchen hohle Dunsthüllen sind, und es liegt nun nur noch die Frage vor, woraus ihr Inhalt bestehe, und wie sich das Aufsteigen derselben, den statischen Gesetzen zuwider, erklären lasse.

Aus demjenigen, was so eben über die Bildung des Wasserdunstes gesagt ist, wird es im höchsten Grade wahrscheinlich und folgt fast nothwendig, daß die Dunsthüllen mit Wasserdampf erfüllt, und mit einer hieraus bestehenden Atmosphäre umgeben sind. Dieser Wasserdampf, sowohl der eingeschlossene als auch der umgebende, ist nach der gegebenen Darstellung außerdem nicht im Maximo seiner Dichtigkeit, vielmehr fehlt ihm zum Gesättigtseyn gerade so viel, als hinreicht, um in tropfbares Wasser übergegangenen Dampf zu expandiren. Diese Folgerung ist nothwendig. Denn wenn man die bekannte Erfahrung erklären will, daß der Dunst beim Aufsteigen völlig expandirt wird, ohne aus einer andern Quelle als aus sich selbst den hierzu erforderlichen Wärmestoff zu erhalten, so muß dieser Wärmestoff in demjenigen Dampfe enthalten seyn, welcher die Dunstkügelchen eingeschlossen ist und dieselben umgiebt. Hiermit ist nun zugleich der Proceß des Aufsteigen dieses Dunstes zum Theil erklärt, wenn man sagt, daß eine Mischung aus einem Theilchen niedergeschlagenen Wassers und Dampfes unter dem Maximo seiner Dichtigkeit eben so gut aufsteigen müsse, als wirklich expandirter Dampf, in so fern in jener die Elemente des Wassers und der Wärme in gleichem quantitativen Verhältnisse vorhanden sind, als in diesem, weswegen auch das specifische Gewicht beider nothwendig gleich seyn muß. Ueberstimmend hiermit bemerkt man ferner, daß diejenigen Dunstkügelchen, welchen beim Emporsteigen des Dampfes aus einer

erhitzten Flüssigkeit die Wärme durch die äußere Umgebung entzogen wird, wieder in die Flüssigkeit zurückfallen, desgleichen daß der über einer heißen Flüssigkeit entstehende Dampf wegen des beigemischten sensibelen Wärmestoffes stets aufsteigt, anstatt daß der in der Atmosphäre durch Niederschlag gebildete, welchem dieser Wärmestoff abgeht, meistens das Bestreben zeigt, herabzusinken, und nur vermöge seiner geringen Masse in der Luft schwebend erhalten wird. Man könnte also auch die Sache so ausdrücken: der Wasserdunst steigt deswegen in die Höhe, weil er eine unter sich gleichsam zusammenhängende Masse von Theilchen bildet, welche theils specifisch leicht, theils specifisch schwerer sind, als die Luft, deren mittleres specifisches Gewicht aber geringer ist, als das der atmosphärischen Luft. Hierbei muß dann allerdings eine gewisse Anordnung, ein gewisser Zusammenhang zwischen den verschiedenen Bestandtheilen des Dunstes hypothetisch vorausgesetzt werden.

Aus einem solchen Zusammenhange ließe sich dann auch folgern, daß selbst kleine dichte Wasserpartikelchen mechanisch in die Höhe gehoben werden könnten, wenn man ihren Durchmesser verschwindend klein annähme. Hierüber dürfte indess die Erfahrung keine Gewissheit dar, indem solche im allen Fall mit unbewaffnetem Auge gar nicht, und durch eine Loupe bei der Unbequemlichkeit der Beobachtung schwerlich sichtbar seyn würden. So viel läßt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit vermuthen, daß bei der Schnelligkeit, womit sich der Dampf häufig aus den Flüssigkeiten erhebt, nothwendig massive Tropfen fortgerissen werden müssen, insbesondere wenn man berücksichtigt, daß beim schnellen Eröffnen des Ventiles eines Papinischen Digestors bedeutende Mengen Wasser in die Höhe geschleudert werden, und als kalte Tropfen wieder herabfallen¹. Weiter lassen sich indess diese möglicher oder wahrscheinlicher Weise zwischen dem Dunste schwebenden Wasserpartikelchen nicht untersuchen, ihre Existenz und Beschaffenheit bleibt immer ungewiß, weil es durchaus an allen Thatfachen fehlt, worauf mit Grunde ein Urtheil gebauet werden könnte.

¹ Vergl. *Dampf, latent*; *Wärme* desselben Th. II. S. 374.

Etwas weiter läßt sich die Untersuchung der hohlen Was-
 serkugeln noch treiben, deren Existenz den Beobachtungen
 nicht wohl zu bezweifeln ist, und welche auch in so fern
 wichtiger sind, als sie die alleinigen, oder auf allen Fall vor-
 züglichsten und meisten Bestandtheile des Dunstes ausmachen.
 Abstrahirt man von dem problematischen Antheile, welchen die
 umgebende Dampfatmosphäre an ihrem Aufsteigen haben mag,
 und betrachtet dieselben als kleine Aërostaten mit Dampf gefüllt,
 läßt sich aus ihrem bekannten Durchmesser die Dicke des
 Wasserhäutchens nach der oben gegebenen Formel finden. Die
 Gröfse dieses ihres Durchmessers, wie ihn KRATZENSTEIN an-
 giebt, liegt nahe in der Mitte zwischen den beiden Angaben
 von SAUSSÜRE's, und wir können sie daher füglich bei der Be-
 rechnung zum Grunde legen. Die Dichtigkeit des Wassers ge-
 gen Luft mit Rücksicht auf die Ausdehnung beider durch die
 Wärme, in welcher der Proceß stattfindet, läßt sich in genä-
 hertem Werthe $= 800 : 1$ annehmen, die Bestimmung des Ver-
 hältnisses der Dichtigkeit des Dampfes gegen Luft kann aber
 mit Genauigkeit nicht gegeben werden, indem derselbe mit der
 Verminderung der Temperatur stets dünner wird. Indem aber
 dieses Verhältniß in der Siedehitze $= 0,655 \dots : 1$ ist, der
 Wasserdunst aber in bedeutend niedrigerer Temperatur noch
 sichtbar ist, so wird man sich von der Wahrheit nicht weit ent-
 fernen, wenn man $0,5 : 1$ als mittleres Verhältniß annimmt.
 Demnach wären in der oben angegebenen Formel $d = \frac{1}{3600}$;
 $= 800$; $l = 1$ und $\lambda = 0,5$ mit welchen Bestimmungen
 an die Dicke des Häutchens in Zollen $x = 0,0000002916$
 oder in Linien $x = 0,00000035 = \frac{1}{28}$ Millionth. einer Linie
 beträgt, allerdings eine verschwindende Gröfse; wie auch der
 Natur der Sache nach nicht anders seyn kann. Solche Kugel-
 chen also, deren Durchmesser $\frac{1}{3600}$ und deren Hülle $\frac{1}{28}$ Million-
 theilchen einer Linie beträgt, werden durch das im Verhältniß
 von $0,5 : 1$ geringere spec. Gewicht des eingeschlossenen Dam-
 pes in der atmosphärischen Luft bei mittlerem Barometerstande
 und nahe an der Oberfläche der Erde statisch in der Luft
 schweben. Dafs sie sich aber mit einer verhältnißmäfsig
 nicht unbedeutenden Geschwindigkeit erheben, ist eine Folge
 theils der sie umgebenden Atmosphären von specifisch leichte-
 ren Dampfe, wie eben gezeigt ist, theils auch davon, dafs so-

scheinend im widerspruche stehende Undurchsichtigkeit des Dunstes endlich, und die Reflection des Lichtes durch den Nebel, kann aus der grossen Menge von Flächen, die die Lichttheilchen oder Lichtwellen auf ihrer Beileicht erklärt werden ⁶.

Dasjenige, was hier zunächst über den Dunst gesagt ist, paßt mit geringen Abänderungen auch für die von anderen Flüssigkeiten, z. B. von Weingeist dgl. m. Oft ist der Wasserdunst mit andern Substanzen vermischt, wie z. B. mit Säuren, Ammoniak, Kohlenwasserstoffen, bis er in eigentlichen Rauch übergeht, welcher wegen seiner verschiedenen Beschaffenheit wegen vom Dunste verschieden ist ⁷. Ob endlich die dunst- und rauchartige Substanzen, welche von verschiedenen verbrennenden Körpern, z. B. vom brennenden Schwefel, Phosphor, etc. dgl. eigentliche Dünste, d. h. bläschenförmige Körper, welches die Ursache ihres Aufsteigens seyn mag, sich wegen des Mangels einer genaueren Kenntniss jetzt noch kein Urtheil fällen. Noch kann hier das interessante Phänomen gedacht werden, welches Robison selbst aber weder aus eigener Erfahrung kennen, noch sonst irgendwo angeführt gefunden habe. Wenn man eine Oelfläche von siedendem oder dem Sieden nahe gekommenen Ölen in schräger Richtung mit einem Löffel schlägt

Duplicator der Elektricität.

Elektricitäts-Verdoppler; *Duplicator electricitatis*; Doubleur de l'électricité; *Doubler of electricity*.

Unter diesem Namen hat der Engländer BENNET, welcher durch die Erfindung des so äusserst empfindlichen Goldblatt-Elektrometers bekannt ist¹, eine sinnreiche ausgedachte Geräthhaft angegeben, welche gleich dem *Collector* und *Condensor* zum Zwecke hat, eine kleine und an sich auch an dem empfindlichsten Elektrometer nicht bemerkbare Quantität von Elektricität so lange zu vervielfältigen, bis sie hinreichend an Spannung zugenommen hat, um ein Elektrometer zu afficiren, selbst Funken zu geben, und andere Wirkungen einer stärkeren Elektricität hervorzubringen.

Dieser Apparat besteht aus drei Messingscheiben A, B, C, Fig. 197. wovon jede ohngefähr 3 bis 4 Zoll im Durchmesser hat. Die erste Scheibe A wird als eine Art von Deckel auf das Blattgold-Elektrometer aufgeschraubt, kann aber auch sonst in horizontaler Stellung von irgend einem isolirenden Gestelle getragen werden, und blofs ihre obere Seite ist überfirnist. Die zweite Scheibe B ist auf beiden Seiten mit Lackfirnis überzogen und hat einen isolirenden Handgriffe versehen, der seitwärts an dem Rande derselben befestigt ist. Die dritte Scheibe C ist nur auf der untern Stelle mit Firnis überzogen, und auch mit einem Handgriffe versehen, der lothrecht auf ihrer Oberfläche steht.

Man bedient sich dieses Apparates auf folgende Weise. Die Platte B wird auf A gelegt; die kleine Quantität der Elektricität, welche vervielfältigt werden soll, wird dem untern Theile der Scheibe A mitgetheilt, und zu gleicher Zeit wird der Rand der Scheibe B, der nicht überfirnist ist, mit dem Finger gerührt. Alsdann wird zuerst der Finger weggezogen, und nachher die Platte B von der Platte A. Nun wird die Platte C auf B gelegt, und ihre obere Fläche auf eine kurze Zeit mit dem

porum et halituum generatione. Tub. 1745. 4. Achard in J. de Ph. V. 463.

¹ Philos. Trans. LXXXII.

der beiden Platten A und C zugleich beschäftigt v
pelt soviel Elektrizität, als das erstemal. Leg
die Platte C auf B, und berührt ihre Oberfläche
ger, so wird auch diese Platte verhältnißmäßi
sirt, als zuvor; und so wird bei immer öfterer
des beschriebenen Verfahrens die Elektrizität
bis zu dem erforderlichen Grade verstärkt werden
auf den sich berührenden Oberflächen der Platten
hüten, daß sich die Metallflächen nicht selbst
welchem Falle sie einander ihre Elektrizität ab
würden, welches man hier ganz vermeiden, u
Vertheilung wirken will.

Man übersieht leicht, daß der wesentlich
zwischen dem *Duplicator* und dem *Conde*
auch dem *Collector* darin besteht, daß erst
Elektrizität, nicht bloß von zu geringer Spannun
bar auf das Elektrometer zu wirken, sondern
hältnißmäßig sehr kleiner Quantität, sichtbar
dieses Instrument demnach keinen Zuflufs von
einem größeren Vorrathe, oder einen relativ u
Quell zu seiner Wirkung voraussetzt, welcher
Condensator bedingt ist.

G. CH. BOHNENBERGER, einer der thätigsten e
triker¹, giebt umständliche Anleitung, wie u

nd obere Scheibe, wie LICHTENBERG beim Volta'schen Condensor in Vorschlag gebracht hatte. Allein das Reiben der Scheiben beim Aufsetzen und Abheben von diesen Glasstückchen erzeugt Elektricität, so daß sich ohne Zuführen von Elektricität die Scheibe A (selbst wenn die Scheiben von einander abgesondert über Nacht in feuchter Luft gestanden hatten, und nur kurz vor der Operation erwärmt wurden) endlich doch immer eine Explosion zeigte. Nahm BOHNENBERGER gar ganze Glasplatten, so war die Reibung stärker, und die Explosion ergab sich eher. Um diesem abzuhelpen, befestigte er die mittlere Platte an drei Glasstäben in einem dicken Pappringe, setzte die oberste mit drei Glasfüßen auf diesen Ring, so daß sie in geringer Entfernung von der mittleren ihr parallel lag, und steckte die unterste an eine unter der Mitte des Pappringes stehende Glassäule, längs der sie sich hoch hinauf und hinunter hinunter liefs. So liefsen sich die Scheiben gehörig nähern, ohne sich zu berühren, und die Luftschicht vertrat die Stelle der Firnissschicht.

Dieselbe nachtheilige Wirkung, welche BOHNENBERGER von einem Glasstückchen wahrnahm, wollte auch CAVALLO schon früher von den Firnissschichten, mit welchen in der von BENNET zuerst angegebenen Vorrichtung die Scheiben überzogen waren, bemerkt haben, daß nämlich nicht blofs die mitgetheilte Elektricität der zu untersuchenden Substanz, sondern auch die durch zufälliges Reiben der Firnissschichten der Platten selbst beim Aufsetzen und Abheben entstandene ursprüngliche vervielfältigt werde. CAVALLO hat, um diesen Fehler zu entfernen, eine Verbesserung der Geräthschaft versucht. Er richtete die Platten ohne allen Firnis so ein, daß sie sich einander nicht berühren konnten, sondern $\frac{1}{8}$ Zoll weit von einander entfernt bleiben mußten. Jede Platte stand vertical, und ward auf zwei Glasfüßen getragen, die mit Siegellack überzogen waren. Die Platten selbst waren von starkem Zinn, und hatten ungefähr 8 Zoll im Durchmesser. Die Glasfüße waren in ein dick Holz eingeküttet, das in der Rückseite einer jeden Platte befestigt war, und standen unten in einem hölzernen Fußgestelle, welches etwas wenig vor der Platte hervorragte, damit, wenn man zwei solche Platten auf einem Tische neben

so fand doch Cavallo diese Geräthschaft noch in
bar zu genauen Versuchen. Denn wenn auch gl
diesen Platten irgend einige Elektricität mitgethei
so wurden sie dennoch gleichsam von selbst nac
15 höchstens 20 maligem Verdoppeln so voll v
daß sich selbst Funken daraus ziehen ließen. .
von dieser Elektricität zu befreien, waren verg
gleich einen ganzen Monat lang durch einen g
der Erde verbunden, unberührt stehen blieben,
doch am Ende dieser Zeit nach einem oftmalig
noch immer einige Spuren einer in ihnen selb
Elektricität, welche auch, wie sich nach ge
suchung fand, nicht von dem Körper des Experi

CAVALLO fand sich endlich vollkommen ü
diese Platten allemal eine kleine Quantität Elekt
behalten, welche vielleicht von einerlei Art mit
durch die sie zuletzt elektrisirt worden sind, un
sie unmöglich befreien kann. Er glaubt die U
in der verschiedenen Beschaffenheit der erregten
finden; dann wenn z. B. eine Platte ein geringe
und eine andere — E hat, so wird diejenige, v
kräftigsten äußerst, zu einer entgegengesetzten
der andern Gelegenheit geben, und endlich eine
eigenthümlichen Art der Elektricität hervorbringe

geänderter Volta'scher Condensator und auf keinen Fall die Stelle eines *Duplicators* vertreten kann, da er, um Elektrizitäten von schwacher Intensität bemerklich zu machen, stets eine große Quantität derselben erfordert, während der Duplicator auch die kleinsten Quantitäten von Elektrizität, wie sie z. B. an einem einzelnen Körper von geringem Umfange vorhanden seyn könnten, bemerklich machen soll und kann. Wir werden am Ende dieses Artikels auf diese Unsicherheit des Duplicators noch einmal zurück kommen.

Duplicator mit einem Mechanismus.

Revolving Doubler.

Ohngeachtet das Verfahren beim gewöhnlichen Duplicator nach der Bennetschen Einrichtung zur Vervielfältigung der Elektrizität an sich einfach und ohne Schwierigkeit ist, so will doch gelernt und eine Zeit lang geübt seyn. Man hat daher Einrichtungen dieses Apparats erdacht, welche durch einen Mechanismus diese Uebung entbehrlich zu machen und gleichsam zu ersetzen im Stande sind. Nach dem Berichte NICHOLSON scheint DARWIN der erste gewesen zu seyn, der im Jahre 1787 einen Duplicator aus vier Platten verfertigte, wovon zwei mittelst eines Räderwerks in Lagen gebracht wurden, worin man sie mit dem Finger berühren mußte, um den gewünschten Erfolg zu erhalten. NICHOLSON erfand aber eine viel einfachere Art, mittelst einer bloßen Kurbel diese Bewegungen vorzubringen, und theilte der Londner Societät im Jahre 1788 eine Beschreibung eines solchen drehbaren Duplicators (*Revolving Doubler*) in einem Briefe an den Ritter BANKS mit.¹ Fünf Jahre darauf 1793 gab JOH. READ sein *Summary of the spontaneous electricity of the earth and atmosphere hereof*, in dessen 4^{tem} Kapitel er dasselbe Instrument mit einigen kleinen Veränderungen wieder bekannt machte, und eine Abhandlung davon mittheilte, welche erst im Jahre 1798 auf dem Continente allgemeiner bekannt wurde.² Wir theilen diese Be-

1 Philos. Transactions for 1788. II. 403 — 437. Vergl. den Auszug davon nebst der Abbildung in Grens Journal II. 61.

2 Bibliothèque britannique Jahrgang 1798, und aus dieser in den Annales de Chemie. Tome XXIV. 327.

schreibung und zugleich die perspectivische Abbildung in Fig. mit. Derjenige Duplicator, welchen die Herausgeber der 198. brit. vor sich hatten, war 10 Zoll hoch, und bestand aus Messing und Glas. Zum Fasse dient eine massive Glasglocke, welche den auf sie befestigten messingeneh Würfel Q umfassend isolirt. In einer sehr genau gearbeiteten Hülse des kubischen Stückes dreht sich die Welle L O so gedrängt, daß sie nicht wankt. Der hintere Theil derselben P O besteht aus Messing, und endigt sich in eine hohle Kugel aus Messing D; der vordere Theil E P ist ein massiver Glasstab, und trägt in L eine messingene Kurbel L V, vermittelst welcher die Welle umdreht wird. A B und C sind drei von Glasstäben getragene Messingscheiben; ihr Rand und das Messingstück, welches auf die Glasstäbe befestigt, sind, um das Ausströmen möglichen zu verhindern, überall aufs Beste abgerundet. Die beiden beweglichen Scheiben A und C sind an die gebogenen Glasstücke M und N befestigt, und von ihrem hintern Theile gehen die Drähte x und z herab, woran sehr empfindliche Elektrometer b, b hängen. Um die Nadeln dieser Elektrometer zu erhalten, ist es am besten, sie von der Pflanze abzustreifen, und zu spalten, bis sie fast in der Luft stehen, und sie dann mit starkem Leim zu steifen, damit sie sich nicht drehen und durchkreuzen. Die dritte Messingscheibe B ist vermittelst des Glasstabes r s an eine Hülse befestigt, die auf dem messingeneh Theil der Welle aufgeschoben und fest geschränkt ist, so daß sie sich zugleich mit dieser umdreht; eine kleine Messingkugel W an der entgegengesetzten Seite der Hülse dient ihr zum Gegengewicht. Auf eine ähnliche Art ist an den vordern Theil der Welle vermittelst der Hülse t ein Messingstück g h so angebracht, daß bei jeder Umdrehung die feinen Drähte, die aus seinen Enden hervorgehen, gegen den untern horizontalen Arm der Drähte x und z schlagen. Die beiden Theile der Welle diesseits und jenseits des kubischen Stückes Q sind genau gegen einander abgewogen, so daß der Schwerpunkt der Welle mitten in den Kubus Q fällt. Die Scheiben A und C stehen genau in derselben Ebene, senkrecht auf der Achse, und auch die Scheibe B wird senkrecht auf die Achse gestellt, so daß sie beim Umdrehen dicht vor den beiden ersteren Scheiben, doch ohne sie zu berühren, vorbeigeht. Die feinen Drähte, in die sich

hl der Messingdraht gh endigt, als auch die Drähte fd , welcher dem kubischen Stücke Q , und p welcher auf dem Messingtheil P der Welle aufsitzt, lassen sich nach Willkür adjustiren und gen. Man stellt sie so, daß im Augenblicke, da die umlaufende Scheibe B der festen A genau gegenübersteht, die mit den Scheiben A, C in Verbindung stehenden Messingstäbe x, z , von den Drähten g und h , und zugleich die umlaufende Scheibe B vom Draht $f d$ berührt wird, da dann die erstere unter sich, und die letztere mit der Messingkugel D (vermittelt des messingenen Heils der Welle $P O$) in leitender Verbindung steht, und daß nämlich, wenn die Achse so weit fortgedreht ist, daß B der festen Scheibe gegenübersteht, der Draht p gegen diese Scheibe C schlägt, und sie dadurch gleichfalls mit der Kugel D leitende Verbindung setzt. In jeder andern Lage sind die Scheiben und die Kugel außer aller leitenden Verbindung unter einander.

Man theilt die Elektricität, welche verdoppelt werden soll, **B.** die Elektricität einer einmal durch die Hand gezogenen Röhre) der Kugel D mit. Wenn nun die Scheibe B der festen gegenübersteht, so berührt sie der Draht $f d$ und setzt sie mit Kugel D in leitende Verbindung, jene Elektricität theilt also der Scheibe B mit. Zu gleicher Zeit bilden dann die beiden unbeweglichen Scheiben A und C vermöge des Stabes eine zusammenhängende Metallmasse, die durch Vertheilung elektrisirt wird, indem die Elektricität in der Scheibe B gleichnamige aus der gegenüberstehenden A hinaus in das andere Ende der Metallmasse, d. h. in die Scheibe C treibt, so daß $A - E$ und $C + E$ erhält. Dabei wirkt aber das $- E$ der Scheibe gerade so auf die Scheibe B und die damit verbundene Kugel zurück, und häuft fast alles $+ E$ aus der Kugel in der Scheibe B an. Kommt nun diese der Scheibe C gegenüber, die dem Augenblicke von dem Drahte p berührt und mit der Kugel D zu einer leitenden Masse wird, so elektrisirt B eben so durch diese Masse durch Vertheilung, und das $+ E$ wird aus B ganz in die Kugel D getrieben, somit also eine doppelte Menge, als vorher, angehäuft. Kommt folglich B wieder in die erste Lage der Scheibe A gegenüber, so kann ihr die Kugel abermals Elektricität ertheilen, A wird also noch stärker negativ und C positiv elektrisch, und daher wird in der zweiten Lage der

bd. II.

beweglichen Scheibe B, der Scheibe C gegenüber, wiederum mehr Elektricität in die Kugel D getrieben. So geht es bei fernern Drehen fort, in der Kugel und der Scheibe B wird die zugeführte, in A die entgegengesetzte Elektricität immer stärker angehäuft, bis endlich ihre Intensität so stark wird, daß auf ihre Schlagweite bis auf die Entfernung, in welcher B vorbeigeht, erweitert. Dann entsteht eine Entladung zwischen beiden Scheiben, und das elektrische Gleichgewicht stellt sich mit einem kleinen Funken wieder her. Bei Elektricitäten, welche man sie mit dem Duplicator zu untersuchen pflegt, sind 15 bis 20 Umdrehungen mehrentheils hinlänglich, eine Explosion zu bewirken. Die Elektrometer pflegen schon bei der ersten Umdrehung zu divergiren.

Der Hauptunterschied zwischen diesem *drehenden* Duplicator und dem *einfachen* Bennet'schen ist, daß in letzterem der elektrische Zustand der Scheiben durch Zuleitung und Abfuhr elektrischer Materie von außen her entsteht, indem entweder die Finger oder leitende Drähte eine Verbindung mit dem Erdboden machen, während im Nicholson'schen Verdoppler der elektrische Zustand der Scheiben allein durch Vertheilung der eigenthümlichen Elektricität hervorgebracht wird, obwohl auch hier eine Mittheilung in so ferne vorgeht, als das, was die eine verliert, nach der andern getrieben wird. Daß durch eine Galvanische Einwirkung der Finger auf die Metallscheiben im ersten Falle eine fremdartige Elektricität erzeugt und eine Täuschung hervorgebracht werden kann, die bei der letztern Einrichtung abgeschnitten ist, darf nicht ganz außer Acht gelassen werden ¹.

Merkwürdig ist es, daß nach BOHNENBERGER's Versuchen sich im Bennet'schen Verdoppler in der Regel die Zeichen der Verdopplung etwas eher als im Nicholson'schen äußern, und daß er weniger Operationen, als dieser, erfordert. Als z. B. BOHNENBERGER in beiden einer Scheibe so viel möglich eine gleiche Quantität elektrischer Materie mitgetheilt hatte, zeigten sich beim Bennet'schen Duplicator die ersten Fünkchen schon bei der sch

1 s. weiter unten.

2 s. die oben angeführte Schrift.

n bis zehnten und die Explosion bei der 12ten bis 15ten Be-
 hrung der mittleren Scheibe B, bei seinem Nicholson'schen
 duplicator (der nur in einigen Stücken der mechanischen Ma-
 nipulation von dem eben beschriebenen etwas abwich) waren
 st nach 20 bis 25maligem Hin- und Herschieben Zeichen der
 verdoppelung sichtbar und nach 30 bis 40maliger erfolgte erst
 e Explosion. Bei genauer Erwägung des Gesetzes, nach wel-
 em diese beiden Instrumente verdoppeln, sollte man indessen
 e Verschiedenheit nicht erwarten ¹.

Es verdient hier noch eine leicht auszuführende Verände-
 ung in der Einrichtung des Nicholson'schen Duplicators, wel-
 e BOHNENBERGER angegeben hat, eine nähere Beschreibung
 und Abbildung, da ich mich selbst von der Brauchbarkeit eines
 ch dieser Vorschrift verfertigten Instruments zu überzeugen
 gelegenheit gehabt habe. Das Brett A, welches zum Fußge-
 ill dient, ist 10 Z. lang, 4 Z. breit und $\frac{1}{2}$ Z. dick, und die in ^{Fig. 199.}
 mselben befestigte Säule ist folgendermaßen eingerichtet, um
 durch die drehende Bewegung der Scheiben zu Stande zu brin-
 n. Der untere Theil B ist $2\frac{1}{4}$ Z. hoch und $1\frac{3}{4}$ Z. dick, und geht
 einen Zapfen aus, der 5 Z. lang und 3 Lin. dick, und dessen
 eres Ende schraubenförmig eingeschnitten ist. Auf diesen
 ern Theil sind zwei durchbohrte Stücke C und D aufgestellt,
 les 2,5 Z. dick und 2 Z. hoch, und zwischen beiden befindet
 h ein Ring L, 0,5 hoch, der vermittelt der Stellschraube M
 gedrückt werden kann. Der 2,5 Z. lange massive Glasstab a,
 elcher die zwei Zoll im Durchmesser haltende und 0,5 Zoll
 cke mit Stanniol überzogene Pappscheibe F trägt, ist in diesem
 nge befestigt. Der Glasstab b, an welchem die mit Stanniol
 erzogene Pappscheibe G von gleichem Durchmesser und un-
 fähr 4 L. dick sitzt, ist in das Stück C, und der Glasstab c
 r oberen gleichen Scheibe E in das Stück D befestigt, und
 ar so, daß G und F, so wie F und E um eine Linie senk-

1 Vergl. G. IX. 141. 142. wo durch eine einfache Berechnung
 chgewiesen ist, daß wenn man die der untern Scheibe des Bennet'-
 en Verdopplers mitgetheilte El. 1. setzt, nach 10maliger Operation
 e Elektricität zu $2^{10} = 1024$ mal verstärkt worden ist, beim Nichol-
 son'schen Duplicator dieselbe 10mal wiederholte Operation die Elektri-
 cität auf $2^{10} - 1 = 1023$ mal vervielfältigt hat.

recht von einander entfernt bleiben, zugleich aber die obere Scheibe E, wenn die unteren F und G gerade über einander stehen, um einen Zoll weit nach horizontaler Richtung von ihnen absteht. (Bei dem nach meiner Angabe ausgeführten Instrumente sind in den Säulenstücken C und D Nuten angebracht, in welchen sich Messingstücke mit den Glasstäben, von denen die Scheiben getragen werden, auf und abbewegen lassen, so daß die Metallscheiben einander so nahe als möglich gebracht, aber auch in größeren Entfernungen von einander gestellt werden können, wodurch man die Vervielfältigungskraft des Duplicators abändern kann.) Das massive Glasstäbchen H 3,6 Zoll hoch, trägt eine von Pappe verfertigte, und mit Stanniol überzogene Kugel von 2 Z. im Durchmesser (besser von hohlem Messing), das Glassäulchen I vermittelt eines kleinen hölzernen Aufsatzes den Draht e, der durch den Aufsatz durchgesteckt ist, und dessen in Ringe gebogene Enden die beiden beweglichen Scheiben E und G berühren, wenn sie in der Stellung sind, welche die Figur abbildet, und endlich der 6 Z. lange Glasstab d, der in das Stück D, nahe unter dessen oberem Ende befestigt ist, trägt auf eine ähnliche Art das hölzerne Stück g, und vermittelt desselben den durchgesteckten Draht f, dessen beide Endringe (oder statt dieser kleine Kugeln) in der Stellung, welche die Figur vorstellt, die Kugel und die feste Scheibe F berühren. Wird dagegen die Scheibe E senkrecht über F gebracht, so tritt sie und die Scheibe G, die sich zugleich mit ihr dreht, vom Drahte e, und zugleich der Draht f von der Kugel und der Scheibe F zurück, und dafür kommt der Draht h, der in den Rand der oberen Scheibe E eingelassen ist, eine angemessene Länge hat, und sich in einen Ring oder kleine Kugel endigt, mit der größern Kugel in Berührung. Der Handgriff K, vermittelt dessen die Stücke C und D stets zugleich gedreht werden, ist in das Stück D mit einem Zapfen festgemacht, und unten mit einem Ausschnitte versehen, in welchem ein Zapfen steht, der in das Stück C eingesetzt ist, damit sich der Handgriff zugleich mit D abnehmen und wieder aufstecken lasse. Doch kann man auch beide Zapfen in den Handgriff selbst einsetzen, und ihn so einzeln aufstecken und abnehmen. Zu oberst auf die Säule B wird noch ein gewölbter Aufsatz N aufgeschraubt. Das Ganze würde sich sehr geschmeidig und niedlich ausse-

ing machen lassen, doch müßten die Scheiben, damit man sie gut an die Glasstäbchen befestigen könne, hohl und trommelförmig gemacht, und inwendig in sie, so wie auch auf die Stücke C, D und L Röhrchen für die Glasstäbe eingelöthet werden. Die Säule B müßte von abgedrehtem und gut polirtem Stahle gemacht, und in einen Fuß von Mahagonyholz geschraubt werden.

Man sieht leicht, daß die ganze Operation mit diesem Instrumente in einem Hin- und Herdrehen der beiden beweglichen Scheiben mittelst des Handgriffs besteht. Wird in der Stellung, welche die Figur abbildet, der Kugel ein schwacher Grad von positiver Elektricität mitgetheilt, so treibt die Scheibe F, die durch den Draht f mit der Kugel zusammenhängt, aus der darunter befindlichen Scheibe G einen Theil des dieser Scheibe eigenthümlichen $+$ E durch den Draht e in die obere Schale hinein, welche dadurch positiv wird, aber in einem Grade, der noch auf kein Elektrometer wirkt. Wird nun beim Umdrehen die Verbindung der Scheiben unterbrochen, so bleiben F negativ, F und E positiv elektrisch; und kommen E und F kreuzrecht über einander, und zugleich E mit der Kugel in Verbindung, so wird ihr $+$ E durch den Draht e in die Kugel gegeben. Beim Zurückdrehen kann also F wieder mehr $+$ E aus der Kugel erhalten, treibt also noch etwas aus der Scheibe F in die obere, und diese führt es dann wieder der Kugel zu, und so geht die Operation weiter, bis F und G durch eine Explosion das elektrische Gleichgewicht wieder herstellen.

Ich habe schon oben bemerkt, daß CAVALLO den Bennet'schen Duplicator als ein unsicheres Instrument erkannte. Dasselbe fand auch BOHNENBERGER selbst bei dem von ihm verbesserten Bennet'schen Duplicator, wo wenigstens die Reibung der Scheiben mit ihren Firnißschichten an einander oder an den zwischen gelegten Glasstückchen nicht im Spiele seyn konnte. Durch kein Mittel und keine Vorsicht (er mochte die Scheiben und Glasfüße der Flamme von brennendem Papier aussetzen, oder sie wiederholt anhauchen, oder sie Tage, ja Monate lang durch einen guten Leiter mit der Erde verbunden stehen lassen) vermochte er ihnen alle Spuren von Elektricität so zu rauben, daß sie sie nicht nach 10, höchstens 20maliger Verdoppelung zeigte hätten, und die Art derselben war eben so veränderlich.

Immer behielten die Scheiben eine kleine Menge von Elektricität zurück, welche, wie CAVALLO meint, mit derjenigen gleichartig ist, durch die sie zuletzt elektrisch gemacht wurden, und von der man sie unmöglich befreien könne. CAVALLO suchte durch einen bestimmten Versuch die Zeitdauer dieses Anhaftens der schwachen Grade von Elektricität zu bestimmen. Ein sehr empfindliches Blattgold-Elektrometer, dem einige Elektricität mitgetheilt worden war, ward, während es dieselbe wieder verlor, durch ein kleines Teleskop betrachtet, durch dessen Mikrometer man die Chorde des jedesmaligen Winkels der Divergenz messen, und zugleich die Zeiten, welche zwischen jedem Punct der Beobachtungen verstrichen, bemerken konnte. Er erhielt dabei folgende Resultate. Wenn im Anfange der Beobachtung die Chorde des Divarications-Winkels $= 16$ war, so ward in einer Minute $= 8$, in $3\frac{1}{2}$ Minute darauf $= 4$, dann 17 Minuten hernach $= 2$, und erst nach $1\frac{1}{2}$ Stunde $= 1$. Schließt man nun hieraus, die Zeiträume, welche zur Zerstreung der Elektricität nöthig sind, wachsen zum wenigsten im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Dichtigkeit und Elektricität (welches dem Versuche nach gewiss keine übermäßige Voraussetzung ist), so findet man durch eine ganz leichte Rechnung, daß das Elektrometer ungefähr nach 2 Jahren noch den hundertsten Theil der beim Anfange des Versuchs ihm mitgetheilten Elektricität enthalten wird. Und wenn man gleich nicht weiß, wie weit eine Quantität Elektricität theilbar ist, so meint CAVALLO könne man doch nach dem Angeführten behaupten, daß das Elektrometer viele Jahre lang elektrisirt bleiben werde¹. Indessen ist hiergegen zu erinnern, daß diese langsame Abnahme der Elektricität, wo beim Widerstande der Luft, die ein relativer Isolator ist, die Elektricität nur mit großer Schwierigkeit entweichen konnte, keinen Schluß auf ein ähnliches Verhalten unter ganz verschiedenen Umständen, wo nämlich die besten Leiter durch die innigste Berührung den leichtesten Abfluß gewähren, zuläßt. BOHNENBERGER giebt gleichfalls diese Ursache der Zweideutigkeit der Resultate des Verdopplers nicht zu, weil er bei dem rotirenden Nicholson'schen Verdoppler, und bei dem

¹ Phil. Trans. 1788. I. und Gress Journal I. 49.

n ihm abgeänderten, oben beschriebenen, in wiederholten Versuchen auch nach 200 ja 250maliger Rotation doch keine Spur von Elektricität habe erhalten können, und wenn sie in anderen Fällen erhalten worden sey, so schließt er, daß dann irgend eine Art in eine der Scheiben oder in die Kugel Elektricität von außen gekommen, oder in derselben, weil sie nicht längere Zeit mit dem Erdboden in leitender Verbindung gewesen, zurückgeblieben sey. Ersteres könne um so leichter geschehen, weil das Abkehren oder Abwischen des Staubes von den Scheiben und ihren Glassäulen, wie gelinde und vorsichtig auch geschehe, die Flamme von angezündetem Papier, das Einathmen und Wegdampfen des Athems und dergl. schon Elektricität erregen könne. Sey daher etwas dergleichen mit den Scheiben vorgegangen, so müsse man vom Instrumente nicht weiter Gebrauch machen, als bis man die Scheiben von einander entfernt, und jede für sich mit der Erde verbunden eine Nacht lang der freien Luft ausgesetzt habe stehen lassen. Nie habe er, wo dieses geschehen war, auch nur eine Spur von Verdopplung ohne vorgängige Mittheilung erhalten. Ganz anders, wie es aber BOHNENBERGER, verhalte sich die Sache beim Benzenischen Duplicator, wo die Scheiben mit dem Erdboden, während der Operation selbst, in Verbindung gesetzt werden müssen. Es glaubt nämlich, daß zwei isolirte unelektrische flache Körper gleich auf einander wirken, als sie mit ihren Oberflächen an einander genähert werden, und sich dann nicht mehr in ihrem gewöhnlichen freien Zustande befinden, sondern daß dabei entweder schon ein Anfang zur Vertheilung ihrer eigenthümlichen Elektricität (wiewohl vielleicht ein unendlich schwacher) gesetzt, oder wenigstens das Bestreben darnach in ihnen bewirkt wird. Dieses Bestreben dauert fort, so lange sie einander genähert bleiben, und sobald der eine auf irgend eine Art durch irgend eine Substanzen mit dem Erdboden in Verbindung kommt, über dieses Bestreben in wirkliche Action über, und in beider Elektricität geht eine Veränderung vor. Ein Theil des $+$ E in dem isolirt gebliebenen Körper zieht sich nach der Seite des mit dem Erdboden verbundenen Körpers, und ein Theil seines $-$ E weicht zurück. Jeder zieht aus dem mit der Erde in Verbindung getretenen Körper einen Theil seines $+$ E hinaus, und zieht dafür $-$ E herbei. Beides geschieht in einem so äußerst geringen Grade, daß

wohl nie ein Mittel wird erfunden werden, die vorhergehenden Veränderungen unmittelbar sichtbar zu machen. Indessen ist nun doch schon der erste Anfang von Elektricität da, und es kommt, wie schwach man ihn auch denken will, nur auf eine Vorrichtung an, durch welche man das $+E$, das der ein Körper verliert, dem andern, der immer isolirt bleibt, zuführt, und wodurch die negative des einen und die positive des andern so lange vermehrt werden, bis endlich durch die dünne Luftschicht hindurch eine Explosion zwischen ihnen eintritt. Man übersieht nach dem Obigen leicht, daß in dem Bennet'schen Duplicator eine solche Vorrichtung gegeben ist. Werden nämlich in diesem die beiden untersten Scheiben über einander gebracht, so entsteht in beiden, auch ohne alle Mittheilung von Elektricität ein Bestreben nach Vertheilung, das aber, so lange beide isolirt bleiben, ohne Wirkung ist. Berührt aber der Finger die obere Scheibe, so verliert sie etwas von ihrem natürlichen $+E$ und wird nach Entfernung desselben in einigem Grade negativ. Wird nun die dritte oder oberste Scheibe über letztere gebracht, so wird durch die Wirkung dieser negativen Elektricität die Capacität jener obersten Scheibe für positive Elektricität vermehrt, und sie nimmt gerade so viel $+$ auf, als jene in dem ersten Anfange der Operation verloren hatte, und wenn sie dann mit der untersten Scheibe in Berührung gebracht wird, während die mittlere sich über derselben befindet, so geht die übrige positive Elektricität von ihr in die untere über, in Folge der Anziehung der negativen Elektricität der mittleren. Es ist also so gut, als wenn das, was bei der ersten Operation der mittleren Scheibe durch die Finger als Elektricität abgenommen wurde, sogleich und unmittelbar der untersten mitgetheilt worden wäre. Bei jeder neuen Operation wirkt die unterste Scheibe, an welche die Mittheilung geschehen ist, doppelt so stark auf die mittlere, und durch sie auf die obere, als bei der vorhergegangenen, und ihre abstossende Kraft nimmt also in jeder Operation um das Doppelte zu. Ist das der Fall, so muß die Kraft, mit der sie nach der 24sten Operation auf die mittlere Scheibe wirkt $2^{24} = 8644608$ mal, und bei der 30sten $= 553254912$ mal so stark seyn, als diejenige, womit sie bei der ersten Operation auf die mittlere Scheibe wirkt. So erklärt nun BOHNENBERGER, warum der Bennet'sche Duplicator, auch

nn die Scheiben mehrere Tage und Nächte lang von einander
ondert, und mit der Erde verbunden waren, doch nach etwa
bis 26 Operationen Spuren von El. am Elektrometer zeigt,
dann noch 6 bis 8 Operationen mehr bis zur Explosion geht.
gleich findet er aber auch darin einen Grund gegen die An-
me von CAVALLO, daßs hier eine ursprüngliche von der in
em frühern Versuche mitgetheilten abhängige Elektricität zum
unde liege, da man es doch für minder wahrscheinlich halten
sse, daßs eine mitgetheilte Elektricität so schwach seyn sollte,
erst nach einer so ungeheuern Verstärkung, wie die erste
al sie anzeigt, auf das Elektrometer zu wirken.

Ich kann dieser Ansicht BOHNENBERGER's nicht beistimmen,
d glaube für den Unterschied des Verhaltens der beiden Arten
n Duplicatoren, der als auf genauen Versuchen beruhend, an
h selbst nicht bestritten werden kann, eine andere Ursache
chweisen zu können. Es streitet nämlich gegen alle ausge-
achten Gesetze der elektrischen Wechselwirkung, daßs zwei
sich indifferent-elektrische Körper, in welchen beiden also
h die beiden entgegengesetzten Elektricitäten gleichmäfsig
nden und neutralisiren, so auf einander wirken können, daßs
urch das $+$ des einen, das $-$ des andern stärker angezogen
erden sollte, als es von seinem eigenen $+$ angezogen wird,
auf beiden Seiten durchaus gleiche Kräfte wirken, ja das letz-
te $+$ vielmehr noch den Vorzug haben sollte, da es in der
unmittelbaren Berührung wirkt, jenes hingegen in eine Entfer-
ng, wie klein sie auch immer seyn möge, wegen der zwischen
n Scheiben befindlichen Luft- oder Firnißschicht. Daßs
HNEBERGER hierbei kein galvanisches Verhältniß im Sinne
ben konnte, ergiebt sich daraus, daßs beim Gebrauche des Du-
cators keine unmittelbare Berührung der Scheiben statt findet,
d auch eine Verschiedenheit des Metalls, aus welchem die
atten verfertigt sind, hier nicht eintritt, welche beide Bedin-
ngen wesentlich zur galvanischen Elektricitäts-erregung sind.
Ute die Elektricität, welche der Bennet'sche Verdoppler von
lbt, nach dem von BOHNENBERGER aufgestellten Gesetze erklärt
erden, so müßte die von selbst zum Vorschein kommende
ektricität in allen Fällen positiv seyn, was doch den eigenen
ersuchen desselben widerspricht, indem er Vormittags und
achmittags, oder an zwei auf einander folgenden Tagen die

entgegengesetzten Elektricitäten erhielt, welches ihm zufolge seinen Grund in zufälligen veränderlichen Umständen haben sollte, z. B. in der Beschaffenheit der Atmosphäre und einer Veränderung, in den Dünsten im Zimmer, in der Ausdünstung aus dem Körper des Beobachters, oder aus den Speisen und Getränken, im Ofendampfe u. s. w. Die Hauptursache der freiwilligen Elektricitätserregung beim Bennet'schen Verdoppler und der Unsicherheit seines Gebrauchs, scheint mir in dem galvanischen Verhältnisse zu liegen, das zwischen der vom Finger des Beobachters berührten Scheibe und diesem selbst jedesmal eintritt. Wie schwach auch die in diesem Berührungsacte erzeugte Elektricität seyn mag, so muß sie doch endlich der obigen Rechnung zu Folge durch wiederholte Operationen mit dem Duplicator merklich werden. Wie z. B. die Finger im Acte der Berührung der Scheibe B $+$ macht, so wird dieses $+$ durch die Ent-

Fig. 197. gegenwirkung der Scheibe A etwas condensirt. Wird dann die Scheibe B von A entfernt, so wird diese condensirte Elektricität sogleich eine stärkere Spannung annehmen, und in der Scheibe C, die darauf gesetzt wird, die entgegengesetzte Elektricität hervorrufen, welche dann nach Entfernung der Scheibe B frei wird, und sich der Scheibe A bei der Berührung derselben mittheilt, worauf dann in B abermals durch Vertheilung bei der zweiten gleichen Operation, wie die erste, neue entgegengesetzte Elektricität erzeugt wird, die auf C wieder dieselbe Wirkung ausübt und so fort. Daß diese Elektricität nicht zu allen Zeiten gleich ausfallen wird, hängt ohne Zweifel von der verschiedenen elektrischen Beschaffenheit des menschlichen Körpers, dem verschiedenen Zustande des berührenden Fingers und dergleichen mehr ab.

Uebrigens glaube ich hinsichtlich auf die Berechnung der Vervielfältigung der Elektricität durch den Verdoppler noch die allgemeine Bemerkung machen zu müssen, daß wenn der Scheibe A irgend ein Quantum E. mitgetheilt wird, das durch 1 bezeichnet werde, in der Scheibe B niemals eine entgegengesetzte Elektricität von gleicher Stärke d. h. durch $+$ 1 niemals $-$ 1 hervorgerufen wird, sondern stets weniger als $-$ 1, weil die Scheiben nicht in unmittelbarer Berührung, sondern entweder durch eine dünne Firnils- oder Luftschicht von einander ge-

ant sind, in welcher Hinsicht ich auf den Artikel: *Condensor* verweise¹.
P.

Durchdringlichkeit. s. Undurchdringlichkeit.

Durchgang

urch den Meridian; *transitus per meridianum, culminatio*; passage par le meridiem; *the transit*. — Ein Gestirn geht durch den Meridian, wenn es seiner täglichen Bewegung den Mittagskreis erreicht, und die Ebene desselben geht. Bei diesem Durchgange hat es weder seine *größte* oder seine *kleinste* Höhe über dem Horizonte erreicht; das letztere findet nur bei den nicht untergehenden Gestirnen statt, wenn sie unterhalb des Poles im Mittagskreise erscheinen.

Zur Beobachtung der Zeit des Durchgangs dient das *Mittelfernrohr* oder *Passage-Instrument*, welches in der Ebene des Meridians beweglich, nur nach Punkten im Meridian richtet werden kann. Ist es genau richtig aufgestellt, so ist jener Stern gerade in seinem Durchgange durch den Meridian, der von dem Mittelfaden des Fernrohrs bedeckt wird, eine solche Beobachtung giebt die Zeit des Durchgangs unmittelbar. Sie kann aber auch durch *correspondirende Höhen*, nämlich durch Beobachtung der Zeit, wo das Gestirn vor und nach der Culmination gleich hoch steht, gefunden werden, jedoch sind da Correctionen nöthig, wenn das Gestirn in der Zwischenzeit seine Declination ändert.

Wozu die Beobachtung des Durchgangs dient, nämlich zur Zeitbestimmung, wenn man bekannte Sterne beobachtet, und zur Bestimmung der Rectascension unbekannter Gestirne wird dem gehörigen Orte erklärt.
B.

Durchgang

urch die Sonnenscheibe; *Transitus per discum solis*; Passages sur le disque du soleil; *the*

¹ Vergl. meine Abhandlung in G. IX. 122. G. C. Bohnenberger, *end.* p. 158 ff.



Dass diese Erscheinungen zuweilen, aber
ten sich ereignen müssen, lässt sich leicht über
Conjunctionen nämlich, wo *Mercurius* oder
Länge mit der Sonne haben, ist gewöhnlich i
heblich, und sie gehn daher nicht durch die
bei der Sonne vorbei. Nur dann, wenn der
unteren Conjunction dem Knoten so nahe ist, d
bare Breite noch nicht dem Halbmesser der
wird er in der Sonne gesehen. Da aber der
Venus, wenn sie der Erde am nächsten ist,
nute, der Durchmesser des *Mercurius* nur
trägt, so sieht man sie mit bloßen Augen in
den Sonne nicht, und vor Erfindung der Fer
keine Beobachtung der Durchgänge der Planete

Bestimmung der Zeit eines D

Die Grenze, welche die Breite des Plan
treffen darf, wenn er bei der unteren Conjunct
ne gesehen werden soll, ist für den Mittelpunkt
der Summe der scheinbaren Halbmesser der Son
neten $= R + r$; denn bei einer so großen geogr
te würde ein Beobachter im Mittelpuncte der
Fig. eine Berührung des Planeten und der Sonne se
200. Beobachter auf der Oberfläche der Erde ist je
maßen, indem der von C aus nur als Berühr

$R + r + P - p$, und wenn diese Grenze erreicht ist, geht, selbst für den am vortheilhaftesten gelegenen Ort, der Vorüber-
 gang in eine bloße Berührung über. Wenn der Planet diese
 geocentrische Breite hat, so ist, wenn der Abstand des Plane-
 ten von der Sonne $= A$, der Erde von der Sonne $= a$ ist,

helioc. Breite $= \frac{a - A}{A}$ (Tang. geocentr. Breite) oder bei-

nahe die helioc. Breite $= \frac{a - A}{A}$ (geocentr. Breite). Diese he-

liocentrische Breite $= \beta$ wird aber erreicht, wenn der helio-
 centrische Abstand vom Knoten $= \lambda$ durch $\text{Sin. } \lambda = \frac{\text{Sin. } \beta}{\text{Sin. } i}$

gegeben wird, und i die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik
 . Für die *Venus* ist diese Entfernung vom Knoten, wenn
 man für die mittleren Abstände der beiden Planeten von der
 Sonne rechnet, $= 1^\circ 49'$; sobald *Venus* weiter vom Knoten
 entfernt ist, findet kein Vorübergang mehr statt. Für den
Mercur ist diese Grenze $= 3^\circ 28'$.

Wie man nun die Perioden der Durchgänge findet, will ich
 hier in Beziehung auf die *Venus* zeigen. Die Venus kommt
 alle 583 Tage 22 Stunden mit der Sonne in Conjunction, da
 ihre Umlaufszeit $= 224$ Tagen $16\frac{3}{4}$ Stunden ist. Da nun jene
 Erdumschwenkzeit 218 Tage 16 Stunden über 1 Jahr beträgt, so be-
 trägt sich die Erde bei jeder folgenden Conjunction um 215° .
 weiter vorgerückt in ihrer Bahn, als bei der vorher gehen-
 den, und nach 5 Conjunctionen ist, (da $(215^\circ 32') \cdot 5 =$
 $360^\circ + 357^\circ 40'$), die Erde beinahe an dem Platze, wo sie
 der ersten Conjunction war. Nehmen wir also als eine erste
 Conjunction eine solche, wo die Erde ein wenig über die Kno-
 tenlinie der Venus hinaus war, so daß Venus noch vor der
 Sonne vorübergehend erschien, so tritt die sechste Conjunction
 wieder nahe bei dem Knoten ein, und zwar etwas vor der An-
 kunft der Erde in der Knotenlinie, so daß zum Beispiel ein
 Vorübergang der Venus, wobei die Erde 1 Grad über die Kno-
 tenlinie hinausgerückt war, nach 8 Jahren einen zweiten Vor-
 übergang, wobei die Erde noch $1^\circ 20'$ vor dem Knoten ist, zur
 Folge hat. Aber da nun der Ort der Conjunction bei den näch-
 sten 5 Conjunctionen wieder um $2\frac{1}{2}$ Grad zurückrückt, so be-

der Erde grösser ist, und daß er daher im Mai dem Erdbeobachter näher seyn muß, um uns die Erscheinung eines Durchgangs zu gewähren.

Beobachtungen der Durchgänge.

KEPLER war der erste, der einen Durchgang des Mercurius und der Venus ankündigte. Vorher war niemals diese Erscheinung beobachtet; denn wenn gleich AVERRHÖES¹ den Mercurius in der Sonne gesehen zu haben glaubte, so konnte doch dies bei dem geringen, mit bloßem Auge nicht zu erkennenden Durchmesser des Mercurius nicht der Fall seyn, und AVERRHÖES hat vermuthlich einen großen Sonnenfleck gesehen. Nach KEPLERS Vorausberechnung sollte im Jahre 1631 der Mercurius am 7. Nov. die Venus am 6. Dec. durch die Sonne gehen²; aber nach TYCHO'S Beobachtungen berechneten Tafeln waren noch wenig genau, daher traf der Venusdurchgang nicht ein, und nur der Mercursdurchgang wurde von GASSENDI wirklich beobachtet³. Nachher sind die Durchgänge des Mercurius oft beobachtet worden.

Den ersten Venusdurchgang beobachtete JEREM. HOROCII am 24. Nov. alten Styls 1639; nach KEPLERS Berechnung sollte er nicht vor der Sonne vorbeigehn, sondern nur sehr nahe außerhalb vorübergehn; aber die Mängel der Tafeln zeigten sich auch hier, indem ein wirklicher Vorübergang statt fand, wovon indeß HOROCII nur den Eintritt kurz vor Sonnen - Untergang sehen konnte⁴. Die beiden folgenden Venusdurchgänge in den Jahren 1761 und 1769 sind mit großer Sorgfalt an vielen Orten beobachtet worden, da die Wichtigkeit dieser Erscheinung, um die Entfernung der Erde von der Sonne zu bestimmen, ver-

1 Montucla erzählt, daß AVERRHÖES (im 13. Jahrh.) versichere, er habe eine Conjunction des Mercurius mit der Sonne berechnet, und an dem Tage den Planeten in der Sonne gesehen. Montucla histoire I. 368.

2 Admonitio ad astronomos de miris, rarisque anni 1631. phaenomenis. Lips. 1629.

3 Epist. ad Schickardum de Mercurio in sole viso et Venere invisae, in Gassendi opp. Tom. IV. p. 499.

4 Jerem. Horoccii Venus in sole visa, in Horoccii opp. posth. Ed. J. Wallis. Lond. 1678.

ALLEY ¹ zuerst erkannt, es wünschenswerth machte, an ent-
 wählten und vortheilhaft gewählten Orten die Zeitpunkte des
 Eintritts und Austritts genau zu beobachten. Bei diesen Beob-
 achtungen nahm man manche Umstände wahr, die eine ge-
 nauer Zeitangabe sehr erschwerten. Dafs man die äufsere Be-
 rührung, wo der dunkle Venusrand anfängt in die Sonnenschei-
 einzuschneiden, nicht genau wahrnehmen konnte, sondern
 erst dann gewahr ward, wenn schon ein Theil der Venus
 der Sonne war, liefs sich erwarten; aber desto sicherer
 kam man auf den Zeitpunkt der inneren Berührung, wo die
 Venus im strengsten Sinne eben ganz eingetreten wäre, gerech-
 , bei dessen Beobachtung sich jedoch auch Schwierigkeiten
 ergaben. Die ganz eingetretene dunkle Venusscheibe trennte sich
 scheinlich anscheinend nicht sogleich, nachdem sie ganz einge-
 treten war, vom Sonnenrande, sondern WARGENTIN bemerkt,
 dafs er fast eine ganze Minute lang ², nachdem er die ganze
 Eindrückung der Venus in der Sonne gesehen hatte, warten mußte,
 bis sie plötzlich vom Sonnenlicht umgeben, in der Sonne stand
 und vom Rande getrennt erschien; und eben so bemerkte man
 in Upsala, dafs die ganz eingetretene Venus, indem sie tiefer
 in die Sonne eintrat, noch immer am Rande hängend, länglich,
 erstreckte sich eine Erhöhung, wie ein Wassertropfen bis an
 den Rand, eine geraume Zeit beobachtet wurde, bis endlich
 zerbrach das die Venus mit dem Sonnenrande verbindende Band zer-
 brach, und die Venus nun auf einmal um $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{8}$ ihres Durch-
 messers von dem Rande entfernt erschien. Auch beim Austritt
 war die Erscheinung nicht so bestimmt, wie man etwa erwar-
 ten möchte; WARGENTIN und andere sahen zwar das Verschwin-
 den des letzten Lichtfadens, der die Venus noch vom Sonnen-
 rande getrennt hatte, oder sein Zerreißen als eine völlig be-
 stimmte momentane Erscheinung, die indess von KLINGENST-
 RUPF mit einem stärkern Fernrohre 3 Secunden später wahrge-
 nommen wurde; aber MALLET in Upsala sah beim Antritt des
 Venusrandes den Sonnenrand als ausgebogen, und konnte die

¹ Philos. Transact. for 1716.

² ENCKE: Die Entfernung der Erde von der Sonne aus dem Ve-
 nendurchgange 1761. S. 101. und Röhl's Merkwürdigkeiten von den
 Durchgängen der Venus. Greifswalde. 1768.

Zeit, da sich der Sonnenrand öffnete, nur mit einiger Unsicherheit angeben, u. s. w. Diese Verschiedenheiten in dem Wahrnehmen der Erscheinungen ¹ machen es schwer, die genau correspondirenden Zeitmomente aus den Beobachtungen an verschiedenen Orten herzunehmen.

Die Erzählung dessen, was bei diesen beiden Venusdurchgängen von den zahlreichen Beobachtern geleistet ist, verdient bei ENCKE nachgelesen zu werden ².

Genauere Bestimmung, wie sich der Venusdurchgang an verschiedenen Orten der Erde zeigt.

Wenn ein Planet mit der Sonne in der unteren Conjunction ist, so ist er allemal rückläufig und er geht also so bei der Sonne vorbei, daß er vor der Conjunction östlich, nachher westlich von ihr steht; eben so ist es auch bei den Vorübergängen, und der *Eintritt* des Planeten geschieht daher an der *Östseite* der Sonnenscheibe, der *Austritt* an der *Westseite* derselben. Für den Mittelpunkt der Erde könnte man die Hauptmomente der ganzen Erscheinung leicht angeben, da aus den Venustafeln und Sonnentafeln die relative Bewegung der Venus gegen die Sonne in der Länge, und die Veränderung der Breite der Venus bekannt ist; auch die Zeit der Conjunction und die Breite der Venus in dem Augenblick, wo die Länge beider Mittelpunkte gleich ist, leicht gefunden wird. Man findet nämlich hieraus leicht den Zeitpunkt der äußern Berührung und der innern Berührung für den Anfang und das Ende des Vorüberganges, wenn man den geocentrischen Abstand der Mittelpunkte von einander sucht, der $= R + r =$ der Summe der Halbmesser ist, für die äußere Berührung, und $= R - r =$ der Differenz der Halbmesser, für die innere Berührung.

Unter den Puncten auf der Erde, wo man den Vorübergang beobachten kann, sind diejenigen vorzüglich merkwürdig,

¹ worüber im Art. *Inflexion des Lichts* mehr vorkommen wird.

² Encke's zwei Schriften haben folgende Titel: 1. die Entfernung der Sonne von der Erde aus dem Venusdurchgange 1761, und 2. der Venusdurchgang von 1769, als Fortsetz. d. Abh. über d. Entf. d. Sonne von d. Erde.

die den Eintritt am frühesten und die ihn am spätesten, und eben so, die den Austritt am frühesten und am spätesten sehen, und dann die, für welche die Dauer des ganzen Vorübergangs am längsten und am kürzesten ist. Jene wollen wir zuerst zu bestimmen suchen.

Wenn die Venus geocentrisch genau im Mittelpunkte der Sonne erschiene, so sähe derjenige Ort, welcher die Sonne im Zenith hat, sie, ohne alle Parallaxe, gleichfalls vor dem Mittelpunkte der Sonne. Ganz strenge findet diese völlige Gleichheit der Erscheinung nicht mehr statt, wenn bei dem geocentrischen Eintritt die Venus um einen scheinbaren Sonnenhalbmesser vom Mittelpunkte der Sonne entfernt ist, aber wir werden hier, wo es auf die strengste Genauigkeit nicht ankommt, es so ansehen dürfen, als ob immer der Ort, wo die Sonne, das heißt, der Mittelpunkt der Sonne, im Zenith steht, genau eben die Erscheinungen sähe, welche für den Mittelpunkt der Erde berechnet sind. Dann erhellet zuerst, wenn man durch die nach der Sonne S und nach der Venus V vom Mittelpunkte der Erde aus gezogenen Linien eine Ebene legt, die den auf SC senkrechten größten Kreis auf der Erde $E F B$ in B schneidet, daß von B aus der scheinbare Abstand des Venus-Mittelpunctes vom Centro der Sonne $= D - (P - p)$ ist, wenn er in C oder A , $= D$ war, und P die Parallaxe der Venus, p die Parallaxe der Sonne ist; indem $SCV = D$; $CSB = p$; $CVB = P$, und $SB/V = C u B - P = D + p - P$ ist. In B wird also die Venus schon in der Sonne gesehen, wenn sie in C oder A erst eintritt, und es ist offenbar, daß in B der Eintritt am frühesten, in E am spätesten erfolgt; jedoch sind die Orte B , E , nicht genau diametral einander entgegengesetzt; denn damit in B der scheinbare Abstand $= R - r =$ der Differenz der scheinbaren Halbmesser von Venus und Sonne sey, muß $D = R - r + (P - p)$ seyn, statt daß der Abstand D nur noch $= R - r - (P - p)$ ist, wenn in E der Abstand $= R - r$ ist oder in E die innere Berührung statt findet; der Punct A , wo die Sonne für den einen und für den andern Zeitmoment im Zenith steht, ist also um etwas Weniges verschieden, und da B um 90 Grade von dem einen, E um 90 Grade von dem andern entfernt ist, so ist $B E$ nicht genau ein Durchmesser; jedoch werden wir es hier, da die Zwischenzeit zwischen jenen

beiden Eintrittten nur selten mehr als $\frac{1}{2}$ Stunde betragen kann, so ansehen, als ob ein und derselbe Punct A sich auf den frühesten und spätesten Eintritt bezöge. Für den Austritt gilt genau eben das.

Die Orte B und E liegen auf der Erde 90 Grade von A entfernt, und da in A die Sonne im Zenith steht, so ist sie in B, E im Horizonte, woraus also erhellet, daß die beiden Orte, welche unter allen am frühesten, und welche unter allen am spätesten den Eintritt sehen, diese Erscheinung sehen werden, wenn die Sonne dem einen aufgeht, und wenn sie dem andern untergeht. Fast immer ist es der Punct, dem gerade die Sonne untergeht, welcher den frühesten Eintritt hat, und der, dem die Sonne eben aufgeht, hat den spätesten Eintritt; und eben so beim Austritt sieht derjenige der eben angegebenen zwei Orte den Austritt zuerst, dem die Sonne untergeht, und derjenige sieht ihn zuletzt, dem die Sonne eben aufgeht ¹.

Um diese Orte auf der Erde anzugeben, scheint mir folgendes Verfahren am deutlichsten, und wer zu rechnen weiß, wird die Rechnungen, die ich hier weglassen, leicht daran knüpfen können. Da die geocentrische scheinbare Bewegung der Venus relativ gegen die Sonne bekannt ist, so wird man, wenn

Fig. 302. C E die Ekliptik, S den Mittelpunkt der Sonne, E H O C die scheinbare Sonnenscheibe bedeutet, leicht folgende Zeichnung ausführen. Man nehme $ES = SC$ nach einem willkürlichen Maßstabe gleich so vielen Theilen, als der scheinbare Halbmesser der Sonne in Secunden beträgt, und zeichne den Kreis E H O C mit diesem Halbmesser; man ziehe S F senkrecht auf E C und mache $SF =$ der in Secunden gegebenen Breite des Venus-Mittelpunctes zur Zeit der Conjunction; man trage auf SE den scheinbaren Längenunterschied zwischen Sonne und Venus auf, wie er zum Beispiel 3 Stunden vor der Conjunction war, und dazu als Ordinate die damalige Breite der Venus, so hat man dadurch einen zweiten Punct der relativen Venusbahn, und wenn man durch diese und durch F die gerade Linie V N zieht, so ist dies die Bahn des Venus-Mittelpuncts durch die Sonnen-

¹ Die durch Bedingungen, welche selten vorkommen, beschränkten Ausnahmen giebt Schubert an, *Traité d'astronomie théorique*. Tome II. p. 445.

scheibe für den Mittelpunkt der Erde. Geocentrisch tritt also der Mittelpunkt in H in die Sonne ein, in O tritt er aus; ist der Mittelpunkt in V so findet beim Eintritt die äußere Berührung geocentrisch statt, dagegen die innere Berührung, wenn der Mittelpunkt bei I ist; für den Austritt haben N, L, eine ähnliche Bedeutung.

Eben die Erscheinungen, welche man im Mittelpunkte der Erde sehen würde, sieht der Beobachter, welcher die Sonne im Zenith hat; aber da wegen der Umdrehung der Erde jeden Augenblick ein anderer Punct der Erde die Sonne im Zenith sieht, so muß man für Orte auf der Oberfläche der Erde die Erscheinungen eines einzigen Zeitmoments allein betrachten. Wir denken uns also die Sonne in dem Zenith eines Ortes gerade in dem Augenblick, da zum Beispiel die innere Berührung beim Eintritt statt findet, oder der Mittelpunkt der Venus in I steht, und können nun wohl, da der Mittelpunkt S der Sonne im Zenith ist, den Punct W des Sonnenrandes, wo die innere Berührung geschieht, nach der Himmelsgegend angeben. Zieht man nämlich den Meridian S P, so würde P der nördliche Punct des Sonnenrandes heißen, und aus der leicht zu berechnenden Lage der Ekliptik gegen den Meridian für diesen Augenblick, und der Lage der scheinbaren Venusbahn gegen die Ekliptik, ist der Punct W bekannt, wo der Eintritt demjenigen erscheint, der den Mittelpunkt der Sonne im Zenith sieht. Denkt man sich nun einen größten Kreis auf der Erde nach eben der Himmelsgegend, wo W in Beziehung auf S P liegt, gezogen, und nimmt auf diesem von jenem Orte an 90 Grade, so hat man den Ort, wo die Venus jetzt schon mehr als irgend ein anderer Ort auf der Erde eingetreten sieht; dagegen wenn man auf demselben Kreise nach der entgegengesetzten Richtung 90 Grade fortgeht, so hat man den Punct, der die Venus am meisten von der inneren Berührung entfernt, diese also noch nicht als eingetreten sieht. Die beiden eben bezeichneten Orte können wir also den Ort der frühesten und den Ort der spätesten inneren Berührung beim Eintritt nennen, obgleich sie dieses sofern nicht ganz genau sind, als die früheste Berührung schon vorüber ist, wenn der Ort, den wir eben betrachten, die Sonne im Zenith hat, und die Betrachtung also genau genommen auf einen Ort, der das eher die Sonne im Zenith hatte, sollte angewendet wer-

den. Der Ort, wo der früheste Eintritt erfolgt, liegt allemal östlich in Beziehung auf den Pol der Ekliptik und fast immer auch östlich in Beziehung auf den Pol des Aequators, und man kann daher meistens sagen, die Sonne geht demjenigen Punkte der Erde gerade unter, der den Eintritt am frühesten sieht, und daß dieser von dem Vorübergange *nur den Eintritt* sieht; dagegen geht die Sonne dem Orte auf, der den Eintritt am spätesten sieht, und diesem Orte zeigt sich also der ganze Vorübergang. Das Gegentheil gilt für den Austritt, wo man die Betrachtungen eben so anstellt.

Bei dem *Venusdurchgange* von 1769 lag der Punkt des frühesten Eintritts in der Gegend von Mannheim, und jeder Ort, welcher um einen Bogen $= \zeta$ von da entfernt war, sah den Eintritt um $(7' 2'')$ Sin. vers. ζ später; der späteste Eintritt erfolgte etwas südlich von Neuseeland 14 Minuten später als in Mannheim. Der späteste Austritt erfolgte im südlichen Arabien, der früheste Austritt in der Südsee zwischen der Osterinsel und den niedrigen Inseln.

Wenn man durch einen größten Kreis um den Ort, der die Sonne beim Eintritt im Zenith sieht, die Erde in zwei Hemisphären theilt, so hat man dadurch alle die Orte eingegrenzt, die kurz nach dem Eintritt die Sonne über dem Horizonte sehen, und die also den Eintritt beobachten können, wenn nicht, wie bei einigen der Fall ist, die Venus wegen der Parallaxe außerhalb der Sonnenscheibe bleibt, bis die Sonne untergegangen ist, und eine ähnliche Bestimmung giebt für die Zeit des Austritts die Orte an, welche den Austritt sehen können, und damit sind die Hauptumstände der Erscheinung bestimmt. Aber noch eine wichtige Untersuchung bietet sich dar, nämlich die Frage, *an welchem Orte der Erde der ganze Vorübergang am längsten, und an welchem Orte er am kürzesten dauern wird.* Es kommt dabei auf zwei Umstände an, erstlich daß die Chorde, welche die über die Sonnenscheibe gehende Venus beschreibt, an verschiedenen Orten ungleich ist, und zweitens daß die Rotation der Erde an einigen Orten die Dauer des Durchgangs vermehrt, an andern sie vermindert.

Wenn die Venus vor dem nördlichen Theile der Sonne vorbeigeht, so sehen die nördlicher auf der Erde Wohnenden vermöge der Parallaxe die Venus eine größere Sehne beschreiben

als die südlicher Wohnenden und, darnach zu urtheilen, müßte die Dauer des Vorübergangs in den nördlichen Gegenden größer seyn; aber der zweite Umstand kann diese Einwirkung zum Theil aufheben. Denken wir uns nämlich um die Zeit, da die Venus ungefähr in der Mitte des Durchgangs ist, den Ort, wo die Sonne im Zenith steht, so rückt dieser Ort vermöge der Drehung der Erde der fortrückenden Bewegung der Venus entgegengesetzt fort, und dadurch wird das scheinbare Hindurchrücken durch die Sonne beschleunigt und die Zeit des Durchgangs verkürzt; das geschieht nicht bloß für den Ort, welcher die Sonne im Zenith hat, sondern für alle Orte auf der der Sonne um diese Zeit zugekehrten Seite der Erde, am meisten für die näher am Aequator liegenden, weil ihre Bewegung schneller ist. Dagegen haben die auf der andern Seite der Erde liegenden Orte, die um diese Zeit Mitternacht haben, eine Bewegung, die nach eben der Richtung geht, wie die Bewegung der Venus, und dies würde (wenn um die Zeit die Venus und Sonne von ihnen gesehen werden könnte,) den Durchgang verzögern, weshalb denn der ganze Durchgang ihm länger dauernd erscheint, und wenn sie den Eintritt vor Sonnenuntergang sahen und den Austritt nach Sonnenaufgang, so wird die Beobachtung diese längere Dauer ergeben. Die Orte, wo die ganze Dauer am größten oder am kleinsten ist, müssen nach dieser doppelten Rücksicht bestimmt werden; es erhellet aber, daß die längste Dauer in der Gegend desjenigen Meridians seyn wird, wo Mitternacht ist um die Zeit der Conjunction, und die kürzeste Dauer da, wo Mittag ist, wenn die Venus mitten in der Sonne steht. Genauer findet man die Punkte der längsten und kürzesten Dauer, wenn man um den Punkt des frühesten Eintritts als um einen Pol Parallelkreise zieht, welche die Orte, wo der Eintritt 1 Min. später, 2 Min. später, 3 Min. später geschieht, bezeichnen, und wenn man eben solche Kreise um den Punkt des spätesten Austritts zieht; da läßt sich dann leicht die Dauer für jeden Ort finden, und der Ort der größten Dauer erkennen. Aber der letztere Ort, den wir so bestimmt haben, daß wir die Gesichtslinien durch die Erde hindurch gehend dachten, ist vielleicht zur Beobachtung ganz untauglich; denn die Gegend in Kleinasien zum Beispiel, welche 1769 am 3. Juni, die größte Dauer hätte beobachten sollen, hatte längst Nacht,

ehe die Venus eintrat, und noch nicht wieder Tag, als sie austrat; also konnte damals die wirkliche Beobachtung der möglichst längsten Dauer nur in Gegenden angestellt werden, die ziemlich entfernt von jenem Puncte, durch die Kürze ihre Nacht in sehr nördlichen Breiten, die Beobachtung, sowohl des Eintritts als des Austritts erlaubten. Solche Orte waren die nördlichsten Theile von Schweden, wo deshalb mehrere Beobachter hingesandt wurden, und wo die Zeit zwischen beiden innern Berührungen 5 Stunden 53 Min. betrug, statt daß sie in Otaheite in der Nähe des Punctes der kürzesten Dauer nur 5 Stunden 30 Minuten war.

Anwendung der Venusdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe.

Bisher sahen wir die ganze Berechnung so an, als ob die Parallaxen der Venus und der Sonne bekannt wären, indem der Unterschied dieser Parallaxen $= P - p$ allen Bestimmungen zum Grunde liegt; aber es laßt sich leicht übersehen, daß man eben so gut aus den beobachteten Zeitmomenten des Durchgangs die Parallaxe bestimmen kann, als man umgekehrt jene berechnen konnte, wenn diese gegeben war.

Obgleich wir aber hier die Größe beider Parallaxen nicht als bekannt ansehen, so ist doch ihr Verhältniß bekannt, indem die *verhältnißmäßigen* Abmessungen der Planetenbahnen sehr genau bekannt sind, wenn gleich die *absoluten* Größen keinesweges streng bestimmt sind. Setzt man also die Parallaxe der Venus $= P = mp$, gleich der m fachen Sonnenparallaxe, so ist m für die Zeit des Durchgangs bekannt, und die Sonnenparallaxe kommt allein noch als unbekannte Größe vor. Wie man diese findet, wird hinreichend aus folgender Betrachtung erhellen. Wenn die Zeit der geocentrischen innern Berührung berechnet ist, welche von den Parallaxen nicht abhängt, so ist die Zwischenzeit, welche zwischen der frühesten innern Berührung auf der Oberfläche der Erde und der geocentrischen Berührung verfließt, und eben so die Zwischenzeit zwischen dieser und der spätesten Berührung, der Sonnenparallaxe proportional; hätte also eine gewisse, vielleicht unrichtig angenommene Sonnenparallaxe einen bestimmten Werth dieser Zwischenzeiten ge-

ben, und die Beobachtung gäbe einen andern Werth, so würde sich die wahre, der Beobachtung entsprechende Sonnenparallaxe daraus ergeben. Etwas Aehnliches gilt von jeder Beobachtung, oder richtiger, da die geocentrischen Erscheinungen nicht durch Beobachtung geprüft werden können, für die Vergleichung zweier an weit von einander liegenden Orten angelegter Beobachtungen.

Man hoffte, mit Hülfe dieser Beobachtungen die Sonnenparallaxe, die etwa $8\frac{3}{4}$ Secunden beträgt, bis auf ein Hundertel der Secunde genau bestimmen zu können, indem die Rechnung gab, daß zum Beispiel bei dem Durchgange 1769, in Lapp- und die ganze Zeit des Durchgangs 160mal so viel Zeitsecunden länger als auf Otaheite dauern sollte, als die Sonnenparallaxe in Secunden beträgt, und man nun schloß, der beobachtete Unterschied der Dauer an beiden Orten $= 23 \text{ Min.} = 1380 \text{ Secunden}$ werde sich bis auf einige wenige Secunden ergeben, also $= \frac{1380}{160} = 8\frac{5}{8} \text{ Sec.}$ etwa nur um $\frac{2}{380}$ oder $\frac{1}{700}$ des Ganzen, was nicht viel über 0,01 Sec. betrüge ungewiß seyn. So genau aber stimmen die Beobachtungen nicht zusammen, und nach ENCKE's sorgfältiger Vergleichung *aller* Beobachtungen läßt sich aus beiden beobachteten Vorübergängen nur folgendes ableiten. Aus dem Durchgange 1761, die Sonnenparallaxe $= 8'',5309$, mit einem möglichen Fehler von $\pm 0,062$ Secunden; aus dem Durchgange 1769, die Sonnenparallaxe $= 8'',6030$ mit einem möglichen Fehler von $\pm 0'',046$, wo unter Sonnenparallaxe die unter dem Aequator statt findende Horizontalparallaxe zu verstehen ist. Wir können also die Sonnenparallaxe $8'',577$, als nur etwa um $0'',04$ unsicher ansehen, und die Entfernung der Erde von der Sonne $= 20666800$ Meilen annehmen, oder wenigstens behaupten, daß diese Entfernung nicht unter 20577649 und nicht über 20755943 Meilen ist.

Warum die *Mercur-Vorübergänge* zu diesen Bestimmungen nicht brauchbar sind, erhellet leicht, nämlich weil Mercur zu entfernt und seine Parallaxe nicht genug von der Sonnenparallaxe verschieden ist. Aus diesem Grunde ist die Zeit des frühesten und spätesten Eintritts nur wenig verschieden, die längste Dauer des Durchgangs nicht so stark abweichend von der kürzesten Dauer u. s. w.

B.

Durchsichtigkeit.

Pelluciditas; Transparency, diaphanéité; *Transparency*; ist die Eigenschaft der Körper, vermöge welcher Lichtstrahlen durchlassen. Das Gegentheil heißt *Undurchsichtigkeit*; *impelluciditas*. s. *opacitas*; opacité; *opacity*.

Es giebt keinen Körper, der alles Licht so vollkommen durchliesse, daß nicht einiger Lichtverlust beim Durchgange statt fände; keiner ist also *vollkommen durchsichtig*; aber die Grade der Durchsichtigkeit sind sehr verschieden.

Hypothesen über die Ursache der Durchsichtigkeit.

Die Durchsichtigkeit richtet sich nicht nach der ungleichen Dichtigkeit der Körper, und ganz unrichtig wurde es seyn, wenn man diejenigen Körper als die durchsichtigsten sich denken wollte, die am wenigsten Dichtigkeit besitzen, vielmehr ist es bekannt, daß das schwere Glas durchsichtig ist, während Holz und Papier es nicht sind.

Die Meinung des CARTESII¹, die Durchsichtigkeit finde statt, wo die leeren Zwischenräume in geraden Linien liegen, bedarf kaum einer Widerlegung, da man nicht einsieht, wie Körper dann nach allen Richtungen durchsichtig seyn sollte, da doch unmöglich diese geraden Linien, nach welchen die Zwischenräume geordnet seyn sollen, nach allen Richtungen gehen könnte.

Weit mehr hat NEWTONS Ansicht für sich, der² die Undurchsichtigkeit als Folge der im Innern der Körper vorgehenden Zurückwerfungen des Lichts ansieht, diese aber nur da annimmt, wo Zwischenräume, mit einem Medio von anderer Dichtigkeit gefüllt, vorkommen. Er bemerkt, daß da, wo der Lichtstrahl aus einem Körpertheilchen in ein anderes, die Lichtstrahlen eben so stark brechendes, übergeht, weder Refraction noch Reflexion statt finde, da hingegen, wo der Strahl an eine Materie von anderer Dichtigkeit oder von anderer Brechungskraft

¹ Cartesii Dioptrica Cap. I.

² Optice. Lib. II. Pars. 3.

langt, auch ein Theil des Strahls zurückgeworfen werde. Dafs die Zerstreuung und das Verlorengelien des Lichtes in der That darauf wenigstens zum Theil beruht, sieht man deutlich, wenn man Glase oder in andern durchsichtigen Körpern kleine Bläschen setzt; diese sieht man, wenn der Lichtstrahl auf sie fällt, durch zurückgeworfenes Licht, und je mehr durch sie Licht zurückgeworfen oder zerstreut wird, desto weniger dringt hindurch und desto mehr geschwächt erscheint der durchgehende Lichtstrahl.

Nach NEWTON können also nur diejenigen Körper durchsichtig seyn, die von sehr gleichförmiger Dichtigkeit sind, und Wasser, Glas, Bergkrystall und andere ähnliche Körper scheinen wirklich diese gleichförmige Dichtigkeit in hohem Grade zu haben. Von den flüssigen Körpern, bei denen die leichte Vertheilbarkeit der Theilchen auf einer nach allen Seiten genau gleichen Anziehung zu beruhen scheint, läfst sich also erwarten, dafs sie sehr durchsichtig seyn werden, wie es auch bei Wasser, Oel und andern ungemischten Flüssigkeiten der Fall ist. Zur Unterstützung dieser Ansicht läfst sich Manches beibringen, zum Beispiel das ¹ von BREWSTER angegebene Verfahren, um ein undurchsichtiges Stück von Glas, Edelsteinen u. s. w. durch Eintauchen in eine Materie von gleicher Brechkraft durchsichtig zu machen; das bekannte Mittel, dem völlig undurchsichtigen Papier dadurch, dafs man es mit Oel tränkt, einen gewissen Grad von Durchsichtigkeit zu geben, die daher zu rühmend scheint, dafs die vorhin mit Luft gefüllten Poren nun mit der Materie gefüllt sind, welche fast eben die anziehende Kraft auf die Lichtstrahlen ausübt, wie die Theilchen des Papiers selbst. Der Hydrophan, das Weltauge, ein Stein, der von den Mineralogen als eine Abart des edlen Opals angesehen wird ², wird durchsichtig, wenn er Wasser oder andere Flüssigkeiten in sich aufgenommen hat, statt dafs er sonst undurchsichtig ist; wenn man ihn lange in geschmolzenem Wachs digerirt, so ist seine Durchsichtigkeit so lange er heifs ist, schöner, als wenn er blofs Wasser in sich aufgenommen hat, und diese gröfsere Durchsichtigkeit rührt offenbar davon her, dafs das Wachs die

¹ Vergl. Art. *Brechung*. Nro. 13. Th. I. S. 1143.

² Glockers Grundrifs der Mineralogie S. 210.

Lichtstrahlen mehr bricht, als das Wasser, und also in dieser Hinsicht der Materie des Hydrophans näher steht als das Wasser ¹.

Nach diesen und ähnlichen Erfahrungen scheint es allerdings, als ob die Bedingung der Durchsichtigkeit darin bestehe, daß die Einwirkung aller einzelnen Körpertheilchen auf das Licht beim Durchgange durch den Körper völlig gleich oder doch sehr nahe gleich sey. Indefs ist es wohl nicht das im Innern des Körpers reflectirte Licht allein, was verloren geht, sondern es scheint doch auch in dem eigentlich sogenannten undurchsichtigen Körpern eine Absorption des Lichtes, ein für unsern Gesichtssinn völliges Verlorengehen des Lichtes, statt zu finden, über dessen eigentlichen Grund wir weiter nichts wissen; bei dieser Absorption scheint wenigstens das mit Wärme verbundene Licht immer eine Erhitzung des Körpers hervorzubringen.

Hieran knüpft sich die Frage, welche der beiden Hypothesen, die man zur Erklärung der Phänomene des Lichts aufgestellt hat, die *Emanationshypothese* oder die *Vibrationshypothese*, am passendsten für die Erklärung der Durchsichtigkeit, sey. Jene nimmt an, das Licht bestehe aus Theilchen, die vom leuchtenden Körper ausgehen und mit großer Schnelligkeit sich fortbewegen; diese dagegen sieht die Erscheinungen des Lichts als durch Schwingungen des Aethers hervorgebracht an. Jene also ist genöthigt anzunehmen, daß der durchsichtige Körper, wie groß seine Dichtigkeit auch immer seyn mag, die Lichttheilchen hindurch lasse; und man hat es dieser Hypothese nicht ganz mit Unrecht zum Vorwurfe gemacht, daß sie ja die Körper als nach allen Richtungen durchlöchert betrachten müsse, und wenn sie gleich diese Löcher als sehr zart voraussetze, doch ihrer unendlich viele bedürfe, um den unzähligen Lichtstrahlen Raum zu geben. Aber ein gleich bedenklicher Vorwurf scheint auch die Vibrationshypothese zu treffen; denn wenn man annimmt, daß der in den Poren des durchsichtigen Körpers enthaltene Aether die Vibrationen fortpflanze, so läßt sich der eben erwähnte Vorwurf auch gegen diese Hypothese anwenden; will man aber behaupten, daß die Materie des Körpers selbst in Vibrationen gerathe, die Vibratio-

¹ Grens Journ. d. Physik. VII. 143.

also durch sich hindurch fortpflanze und dadurch die Erscheinungen des Lichtes an der andern Seite hervorbringe, so scheint es sehr schwer begreiflich, wie die ungemein grofse Regelmäßigkeit bei dem Durchlassen des Lichts statt finden könne. Diese Schwierigkeiten entstehen indess bei beiden Hypothesen ursprünglich daraus, dafs unsere Vorstellungen von Bewegung, Widerstand, den die Bewegung leidet, u. s. w. sich viel zu sehr an die sehr stark in die Sinne fallenden Erscheinungen anknüpfen.

Die Erscheinung, welche sich uns beim Durchgange des Lichttheilchens (wenn es mir erlaubt ist, so zu reden) durch einen festen durchsichtigen Körper darbietet, stimmt vollkommen mit den Gesetzen der anziehenden Kräfte überein¹; das Lichttheilchen findet durch den festen durchsichtigen Körper seinen Weg mit eben der Sicherheit und Regelmäßigkeit, wie ein geworfene Körper seinen Weg durch die Luft findet. Dies scheint uns nicht im Mindesten sonderbar vorkommen, wenn wir uns ein solches Ausweichen der Theilchen des festen Körpers denken könnten, wie wir es uns bei den Lufttheilchen denken, welche der geworfene Körper auf seinem Wege antrifft, die Schwierigkeit, die ich oben erwähnte, kann daher eben so wohl in einer unrichtigen Vorstellung von der Härte der Materie, wonach ihre Theilchen dem eindringenden Lichttheilchen nicht ausweichen, liegen, als in einer unrichtigen Vorstellung vom Lichte. Dürften wir sagen, das Lichttheilchen treibe so die Theilchen des durchsichtigen Körpers aus dem Wege, wie der geworfene Körper die Luft, und dieses sey nur, weil es so unendlich wenig beträgt, uns nicht merklich, — weil die Materie sey so hart, dafs sie nicht eine hinreichende Verformbarkeit der Theilchen besitze, um den feinen und schnellen Lichttheilchen auszuweichen, — dürften wir dies sagen, wäre alle Schwierigkeit gehoben, die das Hindurchgehen der Lichttheilchen betreffen.

Die Schwierigkeit, welche der Behauptung, das Lichttheilchen folge den Gesetzen der anziehenden Kräfte, sich entgegenstellt, wenn man die an der Oberfläche jedes durchsichtigen

¹ Vergl. Art. *Brechung* Nr. 24. Th. I. S. 1153. Art. *Doppelte* Nr. 9. Th. I. S. 1179.

einzig die Metalle, als wahrhaft undurchsicht-
ren) aus harten und weichen Theilchen ge-
Die weichen Theilchen, als unfähig die Undulat-
zen, wären Ursache der Undurchsichtigkeit; &
das Licht so mächtig reflectiren, so müsse man
sie auch harte Theilchen, die diese Zurückw-
enthielten. Die durchsichtigen Körper bestän-
harten Theilchen, die Elasticität genug besä-
bindung mit den Aethertheilchen die Vibrati-
zen ¹. L. EULER sieht es als eine nothwe-
durchsichtiger Körper an, daß die Theilchen &
sammendrückung leiden, und die durch die
Aethers ertheilten Vibrationen von einem Theil
mittheilen können ².

Versuche über die Durchsich- Körper und den Lichtverl- Durchgange durch dies

Selbst die Körper, die wir als undurch-
gewohnt sind, lassen, wenn sie in sehr dün-
schnitten werden, Licht durch, wenigstens f-
len derselben statt. Es liefse sich daher ei-
messung der Durchsichtigkeit denken, näm-

Photometer würde sich hierzu mehr, als zur Abmessung des Lichtes verschiedener leuchtender Körper schicken ¹.

Die Untersuchungen über den Grad der Durchsichtigkeit sind nur von Wichtigkeit bei denjenigen Körpern, durch welche wir zu sehen pflegen, also vorzüglich beim Glase, über dessen Durchsichtigkeit LAMBERT, BOUGUER und RUMFORD Versuche angestellt haben. LAMBERTS Versuche sind ungefähr auf folgende Art angestellt ²: Wenn man zuerst sich einen vollkommen durchsichtigen Körper denkt, so ist offenbar, daß das auffallende Licht sich in durchgehendes und in zurückgeworfenes zerlegt; daher wenn man zwei gleiche Glastafeln A C, Fig. 203. D, auf A B senkrecht aufstellt, und parallele Strahlen E C, D, G B auffallen läßt, so wird der Raum A B mittelst der durch B D durchgehenden und der von A C zurückgeworfenen Strahlen genau so erleuchtet werden, wie vom freien Lichte, wenn der Abstand A B so gewählt ist, daß F D gerade nach A gelangt, und folglich E C nach B zurückgeworfen wird.

Wenn man die zurückwerfende Glasscheibe anders neigte, Fig. 204. so zeigt es C D, so ist die Menge des von C D zurückgeworfenen Lichtes größer, und man kann daher durch eine Aenderung des Neigungswinkels D C A die Menge des auf C E auffallenden Lichtes vermehren, und dadurch den Verlust, der beim Durchgange durch A B statt findet, ersetzen. Nach diesen Uebersetzungen wird folgender Versuch, bei dessen genauer Beschreibung die Artikel *Erleuchtung* und *Zurückwerfung* (*Photometr. Unters. über die Zurückwerfung*) zu Rathe gezogen werden müssen, verständlich seyn. Man stelle auf einer weißen Fläche C A eine darauf senkrechte Glasplatte auf, für welche die Schwächung des durchgehenden Lichtes soll untersucht werden. Man lasse parallele Lichtstrahlen M B, I K auf sie auffallen, die durch sie hindurchgehend den Raum bis an C, an man deshalb zum untersten Punkte der zweiten Platte zählt, erleuchten; diese zweite Platte C D, auf welche gleichfalls Lichtstrahlen L D, M C, den vorigen parallel auffallen,

¹ Lampadius Beiträge zur Atmosphärologie. Accum über d. Gaslicht. übers. von Lampadius 1816. p. 31.

² Photometria. §. 332 und 459.

bringt man nach und nach in verschiedene Stellungen, bis der Raum C E, der vermittelt der durch die erste Platte durchgelassenen und der von der zweiten Platte zurückgeworfene Strahlen erleuchtet wird, sich eben so hell erleuchtet zeigt, als ein daneben liegender von frei auffallendem Lichte erleuchteter Raum. Hat man diese Stellung gefunden, so mißt man den Winkel und rechnet so, wie ich es jetzt an einem von LAMBERT gegebenen Exempel zeigen will.

Es war $M C A = 49^\circ$, also $C B A = 41^\circ$, da A B senkrecht auf A C stand; ferner $D C E = 74\frac{1}{2}^\circ$, also $D C B = 25\frac{1}{2}^\circ$, und eben so groß ist E D C, als Zurückwerfungswinkel, da dem Einfallswinkel gleich ist, folglich $D E C = 80^\circ$.

Das frei auf die Ebene A C auffallende Licht war also unter dem Winkel $M C E = 41^\circ$ gegen die Ebene, oder unter dem Winkel $= 49^\circ$ gegen das Einfallslot gekehrt, und da die Erleuchtung dem Sinus des letztern Winkels proportional ist, so betrug sie nur 0,7547 von dem, was bei senkrecht auffallendem Lichte statt fände. Eben so groß war die Erleuchtung in C E, die wir nun berechnen wollen. LAMBERT wußte aus andern Versuchen, daß bei dem Winkel $C B A = 41^\circ$, das durchgehende Licht, selbst bei vollkommener Durchsichtigkeit nur 0,8704 des auffallenden beträgt, indem das übrige reflectirt wird, aber die Erleuchtung, welche dieses Licht $= 0,8704$ in C E hervorbringt, ist nun wieder nur dem $\text{Sin. } 49^\circ = 0,7547$ proportional, also $= 0,8704 \times 0,7547 = 0,6569$. So groß wäre die Erleuchtung, wenn gar kein Licht verloren ginge, und kein andres Licht durch Zurückwerfung hinzukäme. Aber eben die Versuche hatten ihn gelehrt, daß von dem Lichte, was unter einem Winkel $= B C D = 25\frac{1}{2}^\circ$ Gr. auffällt, nur 0,2623 zurückgeworfen wird, welches da $D E C = 80^\circ$ ist, eine Erleuchtung $= 0,2623 \times \text{Sin. } 80^\circ = 0,2623 \times 0,9848 = 0,2587$ hervorbringt. Die Summe der Erleuchtung in C E, wenn das Glas vollkommen durchsichtig wäre, würde also seyn $0,6569 + 0,2587 = 0,9156$. Wegen der mindern Durchsichtigkeit des Glases mußten wir aber den ersten Theil $= 0,6569$ — x setzen, also $0,6569 - x + 0,2587 = 0,9156 - x$. Aber eben diese Erleuchtung ward der directen Erleuchtung $= 0,7547$ gleich gefunden, also $x = 0,1609$, welches nahe $\frac{1}{6}$ oder zwei

ien $\frac{4}{25}$ und $\frac{5}{31}$ ist. Also ein bei dem zum Versuche gewähl-
grünen Glase sehr erheblicher Lichtverlust.

RUMFORD's Versuche ¹ sind einfacher. Er bediente sich
eier Argand'scher Lampen, die durch Vergrößerung oder Ver-
minderung des Doctes zu einer völligen Gleichheit gebracht
worden. Stellte man diese in gleiche Entfernungen von dem
Puncte, wohin beim RUMFORD'schen *Photometer* die Schatten
fielen, so fand sich die Erleuchtung gleich, oder vielmehr in
der Beobachtung dieser gleichen Erleuchtung lag eben das Mit-
tel, sich von der Gleichheit der Lampen zu überzeugen. Jetzt
wurde vor die eine Lampe die Glasplatte gestellt, deren Durch-
sichtigkeit man bestimmen wollte, und sodann die so ge-
wächte Lampe näher gerückt, bis die Erleuchtung beider
Lampen gleich war. Die ungleiche Entfernung gab dann ² das
Maß der Erleuchtung wie es seyn würde, wenn die Glasplatte kei-
nen Lichtverlust bewirkte und folglich erhielt man so die GröÙe
des Lichtverlustes. Diese Versuche haben in Vergleichung mit
den Lambert'schen den Nachtheil, daß sie nicht eigentlich den
Grad der Durchsichtigkeit bestimmen, sondern den gesamten
Lichtverlust, der vorzüglich durch Zurückwerfung an beiden
Oberflächen entsteht, also nicht das absorbirte Licht allein an-
gibt ³. RUMFORD fand, daß ein feines, gut polirtes Spiegel-
glas nur 0,8027 des auffallenden Lichtes durchlieÙ; mehrere
Versuche gaben den Lichtverlust zwischen 0,172 und 0,211.
Bei sehr dünnen Tafeln von hellem, farblosem, ungeschliffe-
nem Glase war der Verlust nur 0,126. Diesen gesamten Licht-
verlust zu kennen ist bei Fernröhren wichtig, um das zu be-
stimmen, was HERSCHEL ihre raumdurchdringende Kraft nennt.
Aber er hat auch HERSCHEL ihn zu bestimmen gesucht, jedoch
nur für Gläser von geringer Dicke, wie sie ungefähr bei opti-
schen Gläsern von kurzen Brennweiten vorkommen; er fand,
daß ein solches Glas 0,948 des Lichtes durchlieÙ ⁴.

¹ Grens neues Journal. II. 44.

² Vergl. *Erleuchtung*.

³ Bouguer hat schon ein ganz ähnliches Verfahren angegeben in
seiner: *Optice de diversis luminis gradibus dimetiendis*. p. 10.

⁴ Astron. Jahrb. 1804. S. 237

An die eben erwähnten Untersuchungen läßt sich noch eine Reihe von Folgerungen anknüpfen. Wenn eine Glasplatte das Licht in dem Verhältniß 0,8 zu 1 schwächt, so wird, wenn dieses geschwächte Licht auf eine zweite Platte fällt, nur 0,8 des noch übrigen Lichts durchgehen, also lassen zwei Platten nur 0,64 des zuerst auffallenden Lichtes durch, drei Platten nur 0,512 oder etwa nur die Hälfte des auffallenden Lichts, sechs Platten nur etwa ein Viertel, neun Platten nur ein Achtel, 12 Platten nur $\frac{1}{8}$, 15 Platten nur $\frac{1}{16}$ des auffallenden Lichtes u. s. w. Stellt man also sehr viele Glasplatten vor einander, so werden sie endlich einen kaum noch merklichen Theil des Lichtes durchlassen oder sich endlich als undurchsichtig zeigen. BOUGUER hat¹ einen solchen Versuch mit Glastafeln, die das Licht etwas stärker schwächten, angestellt, wo nämlich 16 Glastafeln nur $\frac{1}{256}$ durchließen; wenn man von solchen Tafeln 74 vor einander stellte, so war durch sie, selbst wenn die Sonne hoch am Himmel stand, nur noch ein matter Schein des Sonnenlichts übrig. Die Rechnung zeigt, daß 74 Gläser dieser Art nur $\frac{1}{156472000000}$ durchlassen, und da BOUGUER sich überzeugt hielt, daß 80 Gläser, welche der Rechnung zufolge nur $\frac{1}{515583836000}$ durchlassen, uns als völlig undurchsichtig erscheinen würden, so haben wir da ein Beispiel, wie die völlige Undurchsichtigkeit aus dem allmählichen Lichtverluste entspringt. Eine Masse Meerwasser von 679 Fuß Dicke würde, nach BOUGUER'S Versuchen, eben so gar keine Sonnenstrahlen mehr durchlassen, das heißt, kein unserm Auge noch merkliches Licht.

Bestimmung des Lichtverlustes beim Durchgange des Lichts durch die Atmosphäre.

Wenn ein gleichartiger Körper nicht vollkommen durchsichtig ist, so nehmen wir an, daß der Lichtverlust bei gleichem Fortgange ein bestimmter Theil $= \frac{1}{n}$ des noch übrigen Lichtes, überdas über der Zunahme des durchlaufenen Weges

¹ Optice. p. 152.

portional sey. Heißt daher s der durchlaufene Weg, v noch vorhandene Lichtmenge oder Lichtstärke, so ist

$$dv = -\frac{1}{n} v \cdot ds, \text{ also}$$

$$-\frac{dv}{v} = \frac{1}{n} ds,$$

$\frac{A}{v} = \frac{1}{n} s$, wo A die beigefügte Constante ist. War also

Lichtstärke $= a$ für $s = 0$, so ist $\log. \frac{a}{v} = \frac{1}{n} s$,

$v = a \cdot e^{-\frac{1}{n} s}$, wo e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen ist. Um die Zahl n zu bestimmen, müßte v durch einen Versuch für einen gegebenen Werth von s bekannt seyn. am Ende des Art. *Aether* geführte Rechnung giebt ein Beispiel hierzu.

Um die Schwächung des durch die ganze Atmosphäre zu gelangenden Lichtes zu bestimmen, dient folgende Ueberlegung: Wäre die Erde eine Ebene und die Schichten gleicher Dichtigkeit in der Atmosphäre mit ihr parallel, so würde für jeden einfallenden Strahl die Länge des Weges in jeder Schicht $Fig. 205.$
 $\text{Sec. } A B D \text{ oder } v w = t u \cdot \text{Sec. } A B D$ seyn, wenn er den verticalen Strahl $= s$ ist. Und obgleich wegen der in Höhe abnehmenden Dichtigkeit der Lichtverlust anders anzusetzt werden müßte, nämlich für jede Luftschicht der Dichtigkeit proportional, so ist doch der ganze Lichtverlust, wenn $D = \gamma$ ist, für den Strahl $D B$ durch die Gleichung

$$v = a \cdot e^{-\frac{1}{n} s \cdot \text{Sec. } \gamma}$$

ben, wenn für den Strahl $A B$,

$$v = a \cdot e^{-\frac{1}{n} s}$$

und v bedeutet die Intensität des noch übrigen Lichts, a Intensität des Lichtes, wie es an der äußersten Grenze der Atmosphäre ist. Die Erde ist nun zwar keine Ebene und die Luftschichten sind kugelförmig; aber für nicht zu große Ab-

stände vom Zenith kann man die vorige Rechnung als ziemlich richtig beibehalten.

LAMBERT führt einen Versuch von BOUGUER an, nach welchem die Intensität des Sonnenlichtes bei 66 Grad Höhe $1\frac{1}{2}$ mal so groß als bei 19° Höhe ist, also

$$\frac{1}{a} \text{ s. Sec. } 24^\circ : \frac{1}{a} \text{ s. Sec. } 71^\circ = 3 : 2$$

$$\text{oder } \frac{1}{n} \text{ s. Sec. } 71^\circ = \log. \frac{2}{3} + \frac{1}{n} \text{ s. Sec. } 24^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{und } \frac{1}{n} \text{ s.} &= \frac{\log. \text{ nat. } \frac{2}{3}}{\text{Sec. } 71^\circ - \text{Sec. } 24^\circ} \\ &= \frac{0,405465}{1,97692} = 0,2051. \end{aligned}$$

Die Intensität des vertical zur Erde gelangenden Lichts ist also:

$$\begin{aligned} &= 0,2050 \\ v &= a \cdot e \\ v &= a \cdot 0,8141, \end{aligned}$$

oder der Lichtverlust beim verticalen Durchgange durch die Atmosphäre beinahe $= \frac{1}{5}$.

LAMBERT giebt die Schwächung nach seinen eignen Experimenten noch stärker, nämlich über $\frac{2}{3}$ an; ich glaube aber nicht, daß seine auf die ungleiche Erwärmung, nämlich auf das ungleiche Steigen des Thermometers in der Sonne und im Schatten, gegründeten Schlüsse für sicher gelten dürfen. BOUGUER'S Versuch ¹ ist dagegen ganz nach den Regeln der Photometrie gestellt, indem er das Mondlicht, als der Mond 19° und als er 66° hoch stand, mit der Intensität des Kerzenlichts verglich.

Für die Strahlen, welche unter einem sehr kleinen Winkel gegen den Horizont geneigt zum Auge kommen, mußte man die Rechnung anders führen, indem da die Kugelgestalt der Luftschichten in Betrachtung gezogen werden mußte ²; aber die Versuche, welche den Lichtverlust in der Atmosphäre bei ho-

¹ Bouguer Opt. p. 33.

² Lambert giebt dazu zwar Anleitung, Photom. §. 885; aber die Integration ließe sich in Zahlen besser ausführen, wenn man sich der Methode der Quadraturen bediente.

ieren Stellungen der Sonne bestimmen, müßten noch erst genauer wiederholt werden.

SAUSSÜRE hat, um die verschiedene Durchsichtigkeit der Atmosphäre zu verschiedenen Zeiten zu untersuchen, eine eigene Veranstaltung unter dem Namen *Diaphanometer* vorgeschlagen. Er geht dabei von dem Satze aus, daß uns zwei ganz ähnliche, nur an GröÙe verschiedene Gegenstände gleich gut sichtbar seyn müssen, wenn der eine so viel entfernt ist als der andre, daß die Sehwinkel gleich werden; findet sich darin eine Verschiedenheit, so liegt diese in der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Luft. Da er fand, daß ein schwarzer Kreis auf weißem Grunde und eben so ein weißer Kreis auf schwarzem Grunde allerlei täuschende Erscheinungen darbiete, so daß man über die genaue Entfernung, in welcher man einen solchen Kreis nicht mehr erkennt, nicht mit sich einig werden kann, und da diese Unsicherheit wegzufallen schien, wenn man den schwarzen Kreis nur mit einem weißen Ringe umgab, und diesen mit Grün umgrenzte, so gab er seinem Diaphanometer folgende Einrichtung. Auf einer großen Tafel, die ein Quadrat von 8 Fuß Seite darstellte, wurde in der Mitte ein Kreis von 2 Fuß Durchmesser mit schwarzem Wollenzeuge bedeckt, um diesen ein 2 Fuß breiter Ring mit weißer Leinwand deckt, und der übrige Raum rund umher grün überkleidet. Auf dieser großen Tafel wurde eine ganz ähnliche kleine beigefügt, deren Seite 8 Zoll hielt, in deren Mitte ein Kreis von 2 Zoll Durchmesser schwarz bekleidet, mit einem 2 Zoll breiten weißen Ringe umgeben war, und rund umher alles grün bedeckt wurde. Wäre nun die Luft vollkommen durchsichtig, so müßte die große Tafel mit ihren Kreisen in der 12 fachen Entfernung noch eben so deutlich zu erkennen seyn, als die kleine Tafel in der 1 fachen Entfernung; aber wegen der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Luft findet man einigen Unterschied. Zum Beispiel bei einer Beobachtung hörte der kleine Kreis in der Entfernung = 314, der große in der Entfernung 3588 auf sichtbar zu seyn, und hier sollte eigentlich 4 : 3588 sich wie 1 : 12 verhalten, das Verhältniß ist aber 11,427, das von dem entfernteren Gegenstande zum Auge kommende gesammte Licht ist also nur
$$= \frac{11,427}{12} = 0,9523,$$

710 Durchsichtigkeit der Atmosphäre.

wenn das Licht durch 3588 Fufs oder noch richtiger wohl durch
(3588 — 314) = 3274 Fufs Luft geht. Dies in die Form

$$v = a \cdot e^{-\frac{1}{n} x} \text{ gesetzt, gäbe}$$

$$0,9523 = e^{-\frac{3274}{n}}$$

$$\text{oder log. br. } 0,9523 = -\frac{3274}{n} \cdot \log. \text{ br. } e.$$

$$\text{das ist } n = \frac{3274 \cdot 0,434294}{0,021226} = 66980.$$

Daraus mufste man also schliessen, dafs für eine Entfer-
nung = 24500 Fufs

$$v = a \cdot e^{-\frac{24500}{66980}} \text{ seyn mufste,}$$

also $v = a \cdot 0,6937$. Da nun die ganze Luftsäule von der Er-
de bis an das Ende der Atmosphäre eben so viel wiegt, als eine
24500 Fufs hohe Luftsäule von der Dichtigkeit wie die untere
Luft, so möchte hiernach der Lichtverlust bei Strahlen, die ver-
tical durch die ganze Atmosphäre gehen, wohl 0,3 betragen;
indefs ist der Schluss vom Kleinen aufs Grofse unsicher, und
wenn man bei dem *Diaphanometer* die Lichtstärke = 0,96
in 3600 Fufs Entfernung setzte, so fände man schon
 $n = 88180$, oder den ganzen Lichtverlust bei senkrecht durch
die ganze Atmosphäre gehenden Strahlen so, dafs $v = 0,757$
bleibt. Bis bessere Beobachtungen etwas andres lehren, wird
man also wohl annehmen dürfen, dafs die Lichtstrahlen nur $\frac{3}{4}$
bis $\frac{1}{2}$ der Intensität, welche sie ausser der Atmosphäre hatten,
behalten, wenn sie durch die ganze Atmosphäre vertical her-
abgehen. Die grofse Schwächung des Sonnenlichts, wenn die
Strahlen kurz vor dem Untergange der Sonne durch viele Mei-
len der untern Luftschichte fortgehen, lässt sich hieraus wohl
erklären; denn wenn der Lichtstrahl durch 30 Meilen der un-
tern Luftschichten geht, so kann seine Intensität kaum noch
 $\frac{1}{1000}$ derjenigen Intensität betragen, die er bei verticaler Rich-
tung hatte.

B.

Dynameter. S. Anzometer.

Dynamik.

dynamica; *Dynamique*; *Dynamics*; (von *δύναμις* *raft*) bezeichnet die Lehre von den Kräften und den durch sie erzeugten Wirkungen, namentlich den Bewegungen. Hiernach ist sie im Wesentlichen mit der Mechanik zusammen, und der Ausdruck ist auch zuerst von LEIBNITZ gebraucht, um den abstractesten Theil der höheren Mechanik, nämlich die Untersuchungen über die bewegenden Kräfte im Allgemeinen und die Gesetze der dadurch erzeugten Bewegungen zu bezeichnen. Derjenige Theil der Dynamik, welcher sich hiernach mit den Untersuchungen der Bewegungen im Allgemeinen und des Wesens, Ursprunges und Zusammenhanges der bewegenden Kräfte im Besondern beschäftigt, ist zwar im hohen Grade speculativ, und kann in gewisser Beziehung füglich metaphysisch genannt werden, allein die eigentliche *metaphysische Dynamik* ist erst in den neuesten Zeiten seit IMMANUEL KANT und seinen Anhängern allgemeiner bekannt geworden. Man hat seitdem das Wort *Dynamik* in einer von dem früheren Sprachgebrauche ganz abweichenden Bedeutung genommen, einige haben es sogar hierfür allein und ausschließlich usurpiren wollen, und obgleich dieses wohl in Deutschland geschehen ist, im Auslande aber bei den bedeutenden Gelehrten durchaus keine Nachahmung gefunden hat, so dürfen wir doch hier füglich beide Bedeutungen des Wortes trennen, und somit einen Unterschied zwischen der metaphysischen Dynamik und der mathematischen festsetzen.

1. Metaphysische Dynamik.

Man versteht in Deutschland unter Dynamik, oder dem in dieser Beziehung gleichbedeutenden dynamischen Systeme, diejenige Theorie mancher Physiker, wonach sie annehmen, daß die Materie nicht an und für sich und durch sich selbst existirt, im Raum erfüllt, sich bewegt und Veränderungen zeigt, sondern daß ihr gewisse *Kräfte*, und zwar *Grundkräfte* oder *Ursäfte*, zum Grunde liegen, durch welche sie selbst erst Existenz erhält, wirkt und sich verändert. Unter diesen Kräften verstehen dann die meisten die *Ziehkraft* und *Dehnkraft* (Anziehung und Abstoßung), weil KANT zu beweisen suchte, daß ohne diese die Materie nicht seyn, nicht existiren könne,

oder daß sie zum Wesen derselben nothwendig gehörten, ohne jedoch damit im Sinne der nach ihm sich nennenden *Dynamiker* behaupten zu wollen, daß die Materie durch diese Kräfte erst ihre Existenz erhalte, oder daß alle Qualitäten und Veränderungen der Materie auf dieselben zurückgeführt werden könnten. Der Consequenz nach können die Anhänger dieser Dynamik (die *Dynamiker* im Gegensatze der *Atomistiker*) nicht zugeben, daß die Materie überhaupt, oder vielmehr irgend eine specielle Materie, die eines gegebenen Körpers, bei fortgesetzter Theilung ihre individuellen Qualitäten beibehalte, oder daß dieselbe aus untheilbaren Elementartheilchen, Atomen, bestehe, deren spezifische Beschaffenheit die Eigenschaften des Körpers bedinge; nach ihnen führt vielmehr jede Theilung eines materiellen Körpers nicht etwa zum *physisch unendlich Kleinen* (dem physich Unmeßbaren) sondern zum *geometrisch unendlich Kleinen*, d. h. die Materie als solche verschwindet, und geht in die sie constituirenden Grundkräfte über. Auf gleiche Weise beruhen die individuellen Qualitäten der Materie überhaupt und eines jeden gegebenen Körpers nicht auf eigenthümlichen Beschaffenheiten, auf der Wesenheit der sie constituirenden Bestandtheile (Elemente, Atome, Moleculen), sondern auf dem Conflict der die ganze Natur begründenden, die Materie nebst ihren Eigenschaften und Veränderungen bedingenden, Grundkräfte ¹.

Die Kantischen Grundkräfte, nämlich Dehnkraft und Ziehkraft, sind schon gelegentlich genannt; auch ist schon erwähnt, daß die Theorie der Dynamiker keineswegs erst durch Kant oder seine Anhänger erfunden sey ², eine gründliche Prüfung derselben wurde aber hier nicht am rechten Orte seyn, indem es vielmehr nur auf die genaue Bestimmung desjenigen ankommt, was man unter *Dynamik* zu verstehen habe, die hierbei gelegentlich mit angeregte wichtige Frage über das Wesen und die Existenz der Körper selbst aber erst unter dem Art. *Materie* zur nähern Untersuchung kommen kann.

¹ Vergl. J. C. Fischer Physikalisches Wörterbuch. I. 751. VII. 458. Klaproth und Wolf chemisches Wörterbuch I. 684.

² Vergl. Th. I. p. 122.

2. Mathematische Dynamik.

Einige verstehen unter Dynamik, in so fern diese zur Mathematik gehörig betrachtet wird, den höheren oder abstracten Theil der Mechanik überhaupt, also die allgemeinen Bewegungsgesetze, welche dann, auf feste Körper angewandt, unter *Dynamik* schlechthin, auf tropfbar flüssige unter *Hydrodynamik* und auf expansibele unter *Aërodynamik* oder *Pneumatik* zusammen genommen werden. Wenn gleich diese Be-
 riffsbestimmung dem Sprachgebrauche nach die gangbarste ist, müssen wir doch noch einige andere berücksichtigen. Einige gelehrte nämlich geben der höheren Mechanik oder allgemeinen Bewegungslehre zwei Haupttheile, nämlich *Dynamik* und *Phoronomie*, wovon jene die abstracten Gesetze der Bewegung, die die Untersuchung der bewegenden Kräfte begreift¹. Diese Unterscheidung ist aber nie bleibend beibehalten, sondern man ist im Allgemeinen dabei stehen geblieben, die Dynamik als einen Theil der Mechanik zu betrachten, oder vielmehr theoretische Mechanik und Dynamik als gleichbedeutend zu gebrauchen, während der Ausdruck Phoronomie bei den klassischen Schriftstellern über die Mechanik nur selten vorkommt². Uebrigens lassen sich auch mit genügenden Autoritäten beweisen, daß alle drei Ausdrücke, nämlich *Phoronomie*, *Dynamik* und *Mechanik* völlig gleichbedeutend gebraucht werden, wie unter andern dem Titel von drei der wichtigsten Werke über diesen Ge-

¹ Diesem ähnlich, aber vom gewöhnlichen Sprachgebrauche etwas abweichend, sind die Bestimmungen KANT's in Metaphysische Anfangsgründe d. Naturwissenschaft. 3te Aufl. Leipz. 1800. p. XX. wonach die *Phoronomie* die *Bewegung* als ein reines *Quantum*, nach seiner Zusammensetzung, ohne alle Qualität des Beweglichen betrachtet; die *Dynamik* aber die *Bewegung* als zur *Qualität* der Materie gehörig, unter dem Namen einer *ursprünglich bewegenden Kraft*, in Erwägung steht.

² J. Leslie in Elements of natural philosophy. Edinb. 1823. I. 70. handelt von den allgemeinen Bewegungsgesetzen unter dem Titel *Phoronomics*, welches er früher mit *dynamics* gleichbedeutend annimmt. Man findet man den ersteren Ausdruck auch bei englischen Schriftstellern nicht häufig.

genstand hervorgeht, nämlich HERMANN's Phoronomie ¹, d'ALEMBERT's Dynamik ² und EULER's Mechanik ³.

Bleibt man endlich bei demjenigen stehen, was in den neuesten Zeiten durch den Sprachgebrauch sowohl in Deutschland als auch namentlich in England und Frankreich festgesetzt ist, so begreift die *Dynamik*, so fern sie zur Mathematik gehört, die allgemeinen Bewegungsgesetze, und zerfällt dann wieder in zwei Theile, einen allgemeineren und einen specielleren. Der erstere derselben bezieht sich auf die Bewegungsgesetze aller Körper ohne Unterschied ihrer Beschaffenheit, namentlich aber auf die Untersuchung der bewegten Kräfte, mithin zum Theil auch auf dasjenige, was unter *corpuscular forces* genannt, also Anziehung, u. dgl. Hierzu gehören ferner die sehr specielle Untersuchung, ob eine Kraft ohne wirkliche Annäherung d. h. ohne Contact wirken könne, namentlich L. EULER's Satz *contiguo et moto*; der vielbestrittene, ob eine Wirkung in die Ferne (*actio in distans*); ob die Bewegung von einem Drucke oder einem Stosse abzuleiten sey, ob der Materie überhaupt ein Impuls zur Bewegung zukomme; ob die Materie mit den bewegenden Kräften nothwendig verbunden sey oder als getrennt davon gedacht werden könne und andere mehr ⁴. Seitdem aber in den neuesten Zeiten die Mechanik als eigentliche wissenschaftliche Disciplin die bedeutendsten Fortschritte gemacht hat, sind alle diese Untersuchungen weit weniger beachtet, weil man zu der Ueberzeugung gekommen ist, daß das Wesen der Materie und der ihr inwohnenden Kräfte durch Speculation nicht erkannt werden kann, auf dem Wege der Erfahrung aber noch keineswegs hinlänglich ergründet ist. Es ist daher mehr Fleiß auf die Bearbeitung des specielleren Theiles der Dynamik, nämlich die eigentlichen Bewegungsgesetze, verwandt, und man darf annehmen, daß gegenwärtig der Sprachgebrauch minde-

¹ Phoronomia seu de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum libri duo; auct. Jacobo Hermanno. Amst. 1716. 4.

² Traité de dynamique cet. par d'Alembert. nouv. ed. Par. 1756. 4.

³ Mechanica, sive motus scientia, analytice exposita, auct. L. Euler. Petrop. 1736. II. vol. 4.

⁴ Vergl. Robison System of Mechanical Philosophy. Edinb. 1802. IV vol. 8. I. 3 ff.

ns ziemlich allgemein festgesetzt ist, in so fern unter Dynamik
 lechtweg die Bewegungsgesetze fester Körper verstanden
 rden, also *Stereodynamik* im Gegensatze der Stereostatik,
 d diesem analog die Bedeutungen der Ausdrücke *Hydrody-*
nik und *Aërodynamik* festgesetzt sind. Die Literatur der
 namik fällt also mit den Werken über höhere Mechanik zu-
 amen, und kann somit hier übergangen werden ¹. M.

Dynamometer.

Kraftmesser; Dynamomètre; Dynamometer. Ein
 trument, welches nach einem angenommenen Gewicht (Pfund-
 2, Kilogrammen, Centnern) die Kraft angiebt, die ein Mensch
 er ein Thier, oder auch der Beweger einer Maschine unter
 gegebenen Umständen hervorbringt. Schön früher hatten GRA-
 m und LEROY Werkzeuge hierzu angegeben. Der Kraftmesser
 Ersteren bestand aus einem großen hölzernen Gestelle, in Fig.
 welchem ein Winkelhebel A C B an einer Queraxe x x beweg- 206.
 h war. Der längere Hebelarm B C lag horizontal und trug
 ein schweres Laufgewicht P; die Kraft wirkte am kürzern He-
 bel A C. So maß man die Armstärke eines Mannes, indem
 er mit der einen Hand das Querstück A, mit der andern
 den Griff D des unbeweglichen Pfostens D E faßte, und beide
 vander zu nähern suchte. LEROY bediente sich einer metalle-
 nen Röhre von 1 Fuß Länge, die auf einem Fusse wie ein
 Leuchter aufrecht stand. In dieser gleitete eine eingetheilte
 Stange, die oben eine Kugel trug und unten gegen eine starke
 Spiralfeder in der Röhre drückte. Mit dem Finger der Hand
 ließ man die Kugel nieder, und las an der Stange das Maß
 der angewandten Kraft.

LEROY's Idee, so unbrauchbar sie auch war, hatte wenig-
 stens das Verdienst, die Federkraft an die Stelle des unbeque-
 men Hebels gesetzt zu haben. Diese benutzte auch REGNIER,
 und die Naturforscher BÜFFON und GUENEAU DE MONTBELLARD
 der Erfindung eines solchen Instrumentes aufgefordert hatten,
 in dem von ihm angegebenen Kraftmesser, der an Bequem-

¹ Vergl. Encyclopédie méthodique. Par. 1816. II. 784.
 Bd. II.

lichkeit der Anwendung, Sicherheit der Angaben und Ausdehnung seiner Scale wenig zu wünschen übrig läßt.

Fig. 207. I H I' K ist ein ovaler Ring von federhartem Stahl, etwa 4 bis 5 Lin. dick, und 12 Zoll lang. Von I bis I' ist er, um bequem anfassend zu können, mit Leder überzogen, das inwardig ein wenig fett gemacht ist, damit sich kein Rost erzeugt. Seine elliptische Form ist gegen die Enden I I' etwas eingedrückt, damit man ihn mit beiden Händen nach der Richtung der kleinen Axe zusammendrücken könne. Diese Wirkung wird durch den Hebel G E F bemerkbar gemacht, welcher mit dem Schenkel des Dynamometers verbindet. An dem einen ist nämlich das Stück G H mit einer durchgehenden Schraube befestigt; der andere trägt vermittelst der Schraube i den Steg D C L, auf welchem der Stützpunkt E des Hebels G b E F und das Centrum des Zeigers C P sich befindet. Dieser Zeiger, der durch Reibung festhält, steht unter dem Zeiger E F, und wird durch einen am Letztern unterhalb befindlichen Knopf oder Stützpunkt fortgeschoben. Er ist dünne, und etwas elastisch, damit er nicht durch die, bei der Kraftanstrengung erfolgenden, Störungen selbst in eine schwankende Bewegung versetzt wird. Die Excentricität des Hebels E F gegen den Zeiger C P hat allerdings zur Folge, daß bei gleichen Winkeländerungen des Ersteren die von dem Letztern durchlaufenen Bogen nicht von gleicher Größe bleiben, sondern gegen M hin zunehmend sind, und diese Ungleichheit wird durch ungünstige anfängliche Lage des kleinen Hebels b E noch verstärkt; da jedoch die Eintheilung auf praktischem Wege durch spannende Gewichte gesucht wird, so hat dieses auf die Genauigkeit des Werkzeuges selbst keinen Einfluß, wofern man nur die Vorsicht gebraucht, nicht etwa nur einzig das höchste Gewicht anzuhängen, und die Untertheilungen mit dem Cirkel auszumachen, sondern diese durch die erforderlichen kleinern Gewichte selbst einzeln zu bestimmen. Die kleinen Kreise n n n, stellen drei niedrige Pfosten vor, auf welchen ein Messingblech von der Form des oben beschriebenen Apparates als Deckel aufgeschraubt wird; zwischen seinen Schenkeln C A und C B ist jedoch die Fläche des Sectors bis auf L weggeschnitten.

Der Gebrauch dieses Instrumentes ist zweifach: einmal für geringere Kräfte, welche direct zusammendrückend auf den

den Schenkel des Dynamometers wirken; sodann auch für
rkere, welche, an den Enden I und I' angebracht, durch
a Zug die Ellipse ausstrecken, und so ebenfalls ihre kleine
e verkürzen. Da jedoch in dem letzteren Falle die Kraft viel
günstiger wirkt, als im ersteren, so ist für diesen Gebrauch
Instrumentes eine zweite Eintheilung erforderlich, welche
erhalb der Erstern auf dem Sector A M B sich befindet, und
rch die kleine pfeilförmige Spitze in dem durchbrochenen
rderstücke des Zeigers C P bezeichnet wird. Bei REGNIERS
namometern gieng jene bis 120, diese bis 1000 Kilogrammen.
beiden Fällen, wenn der Zeiger auf dem Maximum der Ein-
ilung stand, wurde die kleine Axe der Ellipse, die inwen-
etwa 25 Lin. mafs, um $4\frac{1}{2}$ Lin. verkürzt. Das ganze In-
ument wog ein Paar Pfunde, und vermochte also mehr als
Tausendfache seines Gewichts anzugeben. Begreiflich läfst
h dieses Vermögen durch Vergrößerung des ganzen Werk-
iges in beliebigem Mafse selbst bis zur Messung der Kraft
osser Maschinen steigern; allein man kann, wie REGNIER
bst bemerkt, mit seinem Dynamometer sehr bedeutende
äfte messen, wenn man dieselben nicht directe, sondern
rch Flaschenzüge darauf wirken läfst, und so die Eigenschaft
ser Letzteren, die Kraft nach der Zahl der parallelen Stränge
vervielfachen, in umgekehrtem Sinne benutzt. Wollte man
B. nur die Hälfte einer zu messenden Kraft K auf das Dyna- Fig.
meter D O wirken lassen, so befestige man dieselbe an das 208.
entrum der Rolle F, schlinge um diese eine Saite, deren eines
de an dem unbeweglichen Punkte A, das andere am Ende O
Dynamometers befestigt ist, das hinwiederum von dem fixen
ncte Q festgehalten wird. Der Zug, welchen die Kraft K
übt, wird sich dann auf die beiden festen Punkte A und Q
theilen, so dafs das Instrument nur die Hälfte desselben zu
gen bekommt. Dafs man hierin noch weiter gehen, und
m Instrumente nur den dritten, vierten, fünften Theil der
aft zutheilen könnte, ist leicht einzusehen. Bei grofsen
äften würde allerdings die Steifigkeit der Seile der Genauig-
t einigen Eintrag thun; doch schwerlich in dem Mafse,
s dieses bei Bestimmungen, die meistens nur näherungsweise
langt werden, in Betrachtung kommen dürfte.

Wie man die Kraft der Hände prüft, ist bereits oben ange-
 Fig. deutet worden, und aus der Zeichnung zu ersehen. Man faßt
 209. das Instrument mit beiden Händen möglichst nahe an der Mitte
 zwischen Daumen und Finger, und findet das Maß der Zu-
 sammendrückung auf dem äußern Gradbogen. Nach REGNIER
 ist die mittlere Stärke eines Mannes in dieser Anwendung etwa
 50 Kilogrammen (102 P.) Die Summe der Angaben für jede
 einzelne Hand ist so ziemlich der Kraft der beiden vereinten
 Hände gleich. Die rechte Hand ist indess gemeinlich die
 stärkere. Die Kraft der Rücken- und Armmuskeln zu erpro-
 Fig. ben, bedient man sich einer eisernen eingekerbten Schiene 210.
 210. auf deren horizontales Querstück AB man die Füße setzt. Man
 hängt das Ende I des Dynamometers in angemessener Höhe in
 einen der Einschnitte ein und faßt das andere Ende mit dem
 Fig. Haken Q, dessen Handgriff man in etwas vorgebückter Stellung
 211. mit beiden Händen ergreift. Die mittlere Stärke eines Mannes
 geht in diesem Fall nach REGNIER auf 130 Kilogr. (265 P.)
 Ein starker Mann, der sich nicht getraute, 500 P. vom Boden
 zu heben, brachte den Zeiger bis auf 370 Kilogr. (755 P.)
 Die Kraft der Weiber ist im Mittel derjenigen eines Jünglings
 von 15 bis 16 Jahren gleich, überhaupt ungefähr $\frac{2}{3}$ von der
 Stärke der Männer.

Vergleicht man mit diesen Angaben diejenigen, welche der
 Naturforscher PENON auf seiner Reise nach Neuhollland gesamm-
 melt hat, so erscheint die Kraft der Europäer bedeutend grö-
 ßer, und REGNIER's Resultate kommen nicht einmal den An-
 strengungen der ungeübten und schwächern Wilden auf Neu-
 holland und Timor gleich, indem diese für das Alter von 20
 bis 50 Jahren eine Druckkraft von 58 Kilogr. (118 P.) und
 einen Zug von 165 Kilogr. (336 P.) ausübten. Die dort ge-
 wesenden Franzosen, größtentheils Seeofficiere und Gelehrte
 im Alter von 20 bis 50 Jahren brachten den Druck der Hände
 auf 69,2 (141 P.) und die Ziehkraft auf 221 Kilogr. (452 P.)
 vierzehn Engländer daselbst, von dem nämlichen Alter und
 ebenfalls von der Klasse, die keine Handarbeit treibt, er-
 mochten im Mittel 71,4 Kilogr. (146 P.) und 238 Kilogr.
 (486 P.). In der Vermuthung, auf PENON's Instrumente mochte
 die Theilung nicht mit dem wahren Werthe der Compression
 der Ellipse übereinstimmend gewesen seyn, verschaffte ich mir

ein Regniersches Dynamometer, und prüfte seine Theilung durch aufgelegte und angehängte Gewichte. Es ergab sich, daß die Echelle des pressions die Resultate um ein halbes Kilogramm; die Echelle du tirage um $1\frac{1}{2}$ Kilogr. zu groß angab. Dabei fand sich die Kraft von 13 Personen zwischen 30 und 50 Jahren, lauter Gelehrte und Maler, 71,0 Kilogr. (145 ℔ .) auf den Druck; und 176 Kilogr. (358 ℔ .) auf den Zug nach der corrigirten Scale. Er scheint also, daß die Angaben von PERON's Instrumente Zutrauen verdienen, und REGNIER's Mittelgrößen der Stärke das Ergebniß weniger Versuche und schwacher Subjecte seyen. Bei Leuten von der arbeitenden Klasse werden die Resultate etwa um $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{10}$ größer.

So einfach REGNIER's Dynamometer, und so wohl ausgedacht es ist, so ist es doch auf verschiedene Kraftäußerungen der menschlichen Arme nicht anwendbar, und seine Fähigkeit, die Kraft des Händedrucks zu messen, von geringem Nutzen, da oft ziemlich schwache Leute hierin eine merkliche Kraft ausüben können. Auch ist, wie wir oben gesehen haben, die excentrische Bewegung des Zeigers bei gleicher Eintheilung der Scale der Genauigkeit der Angaben keineswegs vortheilhaft, und überdem das Instrument wegen der starken Abplattung der Ellipse für den Zug in der Richtung I I' etwas unempfindlich. Von allen diesen Mängeln ist die nachfolgende von G. W. MURCKE¹ angegebene Abänderung des Dynamometers frei. Zuerst besteht, der größern Elasticität und Stärke wegen, der elliptische Bügel A B C D aus federhartem Stahle, ist in den schwächsten Theilen, da, wo in der Figur die Buchstaben A, D, C, B gezeichnet sind, 1 Lin.; bei den Handhaben a, a 1,25; in der Gegend der Ringe b b aber 1,5 Par. Lin. dick, und durchaus 1,6 Zoll hoch; die große Axe beträgt 14,5 Z. die kleine 5 Z. Durch die ungleiche Dicke des Bügels ist vorzüglich bezweckt, daß er an den Stellen, wo die Handgriffe und die beiden Ringe nebst dem inwendigen Mechanismus angeschraubt sind, nicht zu schwach, und somit seine Ausdehnung stets regelmäßig ist. Um diesen Zweck noch mehr zu erreichen, ist keine Schraube in den Bügel selbst geschnitten, sondern dieser ist bloß mit den

Fig. 212.

1 Handschriftl. Mittheilung.

zum Hindurchstecken der Schrauben erforderlichen Löchern durchbohrt. In der Richtung der kleinen Axe sind vermittelt der Schrauben c, c, c, c die beiden Handgriffe a, a angeschraubt, welche zum bequemeren Festhalten etwas gepolstert, und mit Leder umwunden werden. In der Richtung der großen Axe sind zwei Oehre f, f durchgesteckt, und mittelst der Schrauben d, d und der genau an die Biegung passenden Platten g, g befestigt: durch diese gehen die starken, im Gessen geschmiedeten eisernen Ringe von 1,8 Z. innerem Durchmesser, und 0,56 Z. Dicke, welche in den hinlänglich erweiterten Oehren sich frei und leicht bewegen. Man ersieht bald, daß die Handhaben a, a , dazu dienen, kleinere Kräfte zu messen, die Ringe aber für größere und sehr große bestimmt sind. In der Mitte der Ellipse und am einen Ende der kleinen Axe ist vermittelt der Schrauben $\gamma \gamma$ der flache, 1 Lin. dicke, eiserne Träger α festgeschraubt, welcher in drei Zweige ausläuft; zwei derselben δ, δ , 2 Lin. breit, dienen als Halter des auf ihnen festgeschraubten etwas mehr als Halbkreises $\nu \nu \nu$, der dritte ζ aber ist in einer Länge von 2 Zollen ausgeschnitten, trägt an Ende den Haken κ welcher sich zwischen den beiden durch die Schrauben $\beta \beta'$ an die stählerne Ellipse befestigten Zweigen $\lambda \lambda'$ bewegt, und dazu dient, bei etwa angewandter übermäßiger Kraft an den Handgriffen a, a gegen den Haken i an dem Zweige λ' zu fassen, und die weitere Ausspannung des Dynamometers in der Richtung der kleinen Axe zu sistiren; zugleich aber, wenn eine allzustarke Kraft auf die Ringe b, b wirkt, gegen das Bodenstück sich zu stemmen, und somit eine weitere Ausdehnung nach der Längensaxe unmöglich zu machen; eine zur Sicherung des Werkzeuges nothwendige Vorrichtung. Auf dem Träger $\alpha \zeta \kappa$ des getheilten Bogens $\nu \nu \nu$ ist ein Stift befestigt, um welchen die Rolle $\varepsilon \varepsilon$ sich leicht, doch ohne die geringste Schlotterung umdreht. Ueber dieselbe ist die Schnur (eine feine Darmsaite) $\varphi \varphi \varphi$ ganz herumgeschlungen, und mit ihrem einen Ende an den Vorsprung ψ des Trägers λ , mit dem andern aber an die Feder $\sigma \tau$ befestigt. Letztere ist der größern Stärke wegen doppelt, und aus einer starken Taschenuhrfeder gemacht; sie ist in der kleinen Querstange $\pi \tau$ in einem Einschnitte bei τ festgekeilt, und geht freigelassen bis an den Bügel des Dynamometers zurück, ist aber so angespannt, daß sie den

auf der Rolle s befindlichen Zeiger bei der Verkürzung der kleinen Axe bis μ' hinzieht, während dem sie bei Verlängerung derselben ohne Widerstand sich bis zur Rolle s hinziehen läßt, in welchem Falle der Haken x mit dem Vorsprung i zusammenstößt, und der Zeiger in μ sich befindet. Dieser Letztere sitzt auf der Rolle, durch Reibung fest, so daß er sich wie ein Uhrzeiger stellen läßt, aber dennoch mit der Rolle fortgeht; sein anderes Ende gleitet auf dem Gradbogen, und schneidet daselbst mittelst eines eingerissenen scharfen Strichs den gemessenen Grad der Eintheilung ab. Da es aber bei vielen Versuchen auf eine solche Schärfe nicht ankommt, und oft die unmittelbare Beobachtung des Zeigers unthunlich ist, so sind auf einer Verlängerung des Stiftes, der die Rolle trägt, und concentrisch mit dieser, zwei leichtbewegliche Zeiger $\omega' \omega'$ und $\omega'' \omega''$ angebracht, welche durch ein auf dem Hauptzeiger befindliches Stiftchen seitwärts geschoben werden.

Die Eintheilung des Kreisbogens $\nu \nu$ ist willkürlich; sie ist, wie sich's von selbst versteht, empirisch durch angehängte Gewichte gemacht. Von α nach μ hin sind 125 Kilogramme aufgetragen, und zwar von 0 bis 25 K. je zu halben Kilogrammen, von 50 bis 125 K. zu 5 Kilogr. Nach μ' hin aber befinden sich 300 K. nämlich von 0 bis 100 von 5 zu 5, nachher von 10 zu 10 Kilogrammen. Noch muß bemerkt werden, daß die Wirkung des Instruments auf eine horizontale Lage desselben berechnet ist. Wird es aufgehängt oder vertical gehalten, so muß der Zeiger vorerst auf Null eingestellt werden. Alles an demselben ist von Stahl mit einziger Ausnahme der Theilung, die von Messing und versilbert ist ¹.

Um den mannichfachen Gebrauch zu zeigen, welchen man von diesem Dynamometer machen kann, mögen hier einige Versuche folgen, welche an drei Personen O, W und M angestellt wurden ². O. ist ein Instrumentenmacher, 34 Jahre alt, von mittlerer Größe, und gut genährt; W. ein Gärtner, 46 Jahr alt, mittlerer Größe, an tägliche, doch nicht übertriebene Arbeiten gewöhnt, mäßig gut genährt. M. ein Gelehrter, 51 Jahre alt, eine ungewöhnlich anhaltende sitzende Lebensart führend, frü-

¹ Ein Exemplar, wie das hier beschriebene, kostet 5 Ldra.

² Handschriftl. Mittheilung.

den eines Bogens zu befestigen, der aus sechs zusammengebundenen Brettern von Eschenholz gemacht ist, die nach den Enden hin verjüngt zulaufen. Legt man nun diesen Bogen hinter den in der Erde befestigten Pfosten, so wird derselbe durch den Zug der Pferde allmählig gekrümmt, und der absolute Widerstand tritt erst später ein. Das Nämliche läßt sich auch nach REGNIER durch eine Reihe von Gewichten oder Steinen erreichen, welche auf kleinen Schlitten liegend, durch Seile verbunden sind, die eins nach dem Andern durch den Zug der Pferde angestreckt werden, und so die Last allmählig vergrößern.

Es ist zu wünschen, daß dieses zweckmäßige und bequeme Instrument häufiger als bisher benutzt werde, einerseits um die oft ans Unglaubliche gränzenden Kraftäußerungen, deren einzelne Menschen oder Thiere zuweilen fähig sind, nach Maß und Gewicht kennen zu lernen; andererseits um genauere Angaben der Mittelgrößen für verschiedene in der praktischen Mechanik vorkommende Anwendungen menschlicher, thierischer und physischer Kräfte zu erhalten, und so in unsern Lehrbüchern einige oft unwillkommene Lücken auszufüllen. *H.*

Man sehe hierüber: *Memoires explicatifs du Dynamomètre et autres machines, inventées par le C^{en}. Regnier. Paris. An 7. 4. mit K. und einem Nachtrag von Regnier im Journ. des mines. N^o. 132. 1807. 8. Journ. de l'École Polytech. II. 160. G. II. 91. Phil. Mag. I. 399. Ein durch Louis Martin angegebenes hydraulisches Dynamometer S. Ann. de Chim. et Phys. XIX. 421, so wie den durch Prony ebend. p. 165. vorgeschlagene Apparat zur Bestimmung des dynamischen Effectes der Maschinen sind noch nicht allgemein eingeführt, und können daher hier nur geschichtlich erwähnt werden.*

Ende des zweiten Bandes.

Nothwendige Verbesserung zum ersten Theile des Wörterbuches.

Es ist in den Formeln für die Ausdehnung des Quecksilbers und der expansibelen Flüssigkeiten der Divisor hinzuzufügen vergessen. Man lese also pag. 604 Z. 1. trü und überhaupt ist ein gegebenes Volumen, desselben bei t Gradem C. = v; für t' Grade = v'

$$v' = v \left(1 + (t' - t) \frac{0,00018018}{1 + t \cdot 0,00018018} \right)$$

für die Réaumur'sche Scale aber ist:

$$v' = v \left(1 + (t' - t) \frac{0,000225225}{1 + t \cdot 0,000225225} \right)$$

für die Fahrenheit'sche aber ist:

$$v' = v \left(1 + (t' - t) \frac{0,0001001001}{1 + t \cdot 0,0001001001} \right).$$

Desgleichen pag. 642 Z. 4 v. u.:

so ist allgemein für Grade der C. Scale:

$$v' = v \left(1 + (t' - t) \frac{0,00375}{1 + t \cdot 0,00375} \right)$$

für die Réaumur'sche Scale:

$$v' = v \left(1 + (t' - t) \frac{0,0046875}{1 + t \cdot 0,0046875} \right)$$

und für die Fahrenheit'sche:

$$v' = v \left(1 + (t' - t) \frac{0,002083334}{1 + t \cdot 0,002083334} \right).$$

M.

